



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS

ANÁLISIS DE VARIABILIDAD TEMPORAL DE LA LINEA DE COSTA
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE TELEDETECCIÓN Y
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: BAHÍA DE
MIRAFLORES, PERÚ 1936-2005

Tesis para optar el título de Licenciado en Geografía
que presenta el

Bachiller

FERNANDO HUMBERTO LECETA GOBITZ

ASESOR: DR. CARLOS HENRIQUE TAVARES CORRÊA

SAN MIGUEL, 11 DE JUNIO DE 2009



Agradecimiento

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de diversas personas a las que deseo agradecer en las siguientes líneas.

En primer lugar a mi asesor de tesis, el doctor Carlos Tavares Corrêa, tanto por su dedicación, orientación como revisiones realizadas durante el trabajo de tesis. De igual manera, le agradezco el patrocinio del estudio, la confianza depositada en mí y sobre todo la oportunidad de haber realizado esta investigación bajo su tutela.

Así mismo, mi reconocimiento al grupo de estudiantes de pregrado de la especialidad de Geografía y Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica del Perú por su gran apoyo durante el trabajo de campo realizado entre abril y junio del año 2007. En el participaron la licenciada Elizabeth Pastor Humpiri, los bachilleres Gilda Bianco Benavides, Andrea Boyco Orams, María Inés Grández Mariño, Miguel Incháustegui Pérez, Paola Moschella Miloslavich, Erich Nakasone Santivañez, María Lucia Santa María Peralta, y Harold Tapia Gamarra, así como los estudiantes Illari Aguilar Sanguinetti, Bruno Landi Burgos, Claudia Santisteban Páez y la estudiante de la especialidad Arqueología PUCP Lourdes Del Castillo Bazalar.

Igualmente mi gratitud a la bachiller en economía Claudia Sánchez Lanning por su gentil asesoría en cuestiones de análisis estadístico, a la bachiller en Lingüística y Literatura Rossina Leceta Gobitz por la por la revisión y corrección ortografía y estilo, así como al doctor en Historia Humberto Leceta Gálvez por toda crítica constructiva realizada.

Finalmente un especial agradecimiento a mis padres Humberto y Rosina, a mis abuelos Fernando y Yolanda y a mis hermanas Rossina y Estefanía por su apoyo desde el inicio de mis estudios ya que sin su interés y crítica, este trabajo no hubiese sido posible.

Índice de contenidos

Índice de contenidos.....	I
Índice de figuras.....	IV
Índice de tablas	V
Acrónimos.....	VII
Resumen	VIII
1 Introducción.....	1
1.1 Ubicación del área de estudio	1
1.2 Habilitación y ocupación de la Costa Verde	3
2 Problemática y justificación	7
2.1 Problemática	7
2.2 Justificación.....	10
3 Hipótesis.....	12
4 Objetivos	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos	13
5 Marco teórico.....	14
5.1 Generación de ondas: ondas de mar de fondo y ondas de mar de viento.....	14
5.2 Transformación de ondas en aguas profundas y someras	14
5.3 Tipos de rompientes.....	15
5.4 Refracción de ondas	16
5.5 Corrientes generadas por ondas: deriva litoral y corriente de retorno	16
5.6 Batimetría y comportamiento de ondas en la bahía de Miraflores.....	18
5.7 Desarrollo de la línea de costa mediante estructuras	21
5.8 Morfología de playas	23
5.8.1 Unidades y elementos fisiográficos	23
5.8.2 Relación granulometría de sedimentos – pendiente de playa.....	25
5.8.3 Ciclos estacionales de la playa.....	26
5.9 Morfodinámica litoral	26
5.9.1 Playas disipativas	27
5.9.2 Playas intermedias	27
5.9.3 Playas reflectivas	28
5.10 Procesos en acantilados costeros	28
5.10.1 Procesos erosivos actuales: dismantelamiento del acantilado costero.....	29
5.10.2 Clasificación de tipos de acantilados.....	30
6 Trasfondo geológico y geomorfológico	31
6.1 Rasgos estructurales.....	31
6.2 Conjuntos geomorfológicos	33

6.2.1	Espolones costeros	33
6.2.2	Abanico aluvial de los ríos Rímac y Chillón:	35
6.2.3	Acantilado costero	37
6.2.4	Taludes y carbonato de calcio	38
7	Metodología	40
7.1	<i>Diagrama de trabajo</i>	40
7.2	<i>Plataforma de aplicación: sistema digital para análisis de línea de costa</i>	41
7.2.1	Línea de costa:	41
7.2.2	Línea de base:	41
7.2.3	Transectos:	42
7.3	<i>Fuentes de coberturas digitales de línea de costa: serie histórica de la línea de costa</i>	42
7.3.1	Cartografía IGN, DNH, y PETT	42
7.3.2	Fotografía aérea SAN.....	43
7.3.3	Imagen satelital Digital Globe-Google Earth™	44
7.4	<i>Identificación y elección de la línea de costa</i>	45
7.4.1	Nivel medio de marea	45
7.5	<i>Variabilidad horizontal del nivel de marea: margen de error estimado</i>	46
7.6	<i>Cuantificación del cambio de la línea de costa</i>	48
7.6.1	Niveles de análisis espacial	48
7.6.2	Aproximaciones al análisis: indicadores estadísticos de cambio	49
7.6.3	Validación estadística de la clasificación propuesta	51
7.7	<i>Levantamiento de información de campo</i>	53
7.7.1	Medición de perfiles de playa	53
7.7.2	Granulometría de los sedimentos	55
7.7.3	Altura y periodo de olas	55
7.7.4	Deriva litoral	55
7.7.5	Cúspides	56
7.7.6	Registro fotográfico	56
8	Resultados	57
8.1	<i>Variación temporal de la línea de costa: reconstrucción de escenarios 1936-2005</i>	57
8.1.1	Playa La Chira.....	57
8.1.2	Playa La Herradura	60
8.1.3	Playas Club Regatas Lima y Pescadores.....	64
8.1.4	Playa Agua Dulce	65
8.1.5	Playa Sombrillas	67
8.1.6	Playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas	70
8.1.7	Playas Piedritas, Estrella y Redondo.....	75
8.1.8	Playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos.....	79
8.1.9	Playas Los Delfines, Orrantía del Mar y Marbella.....	83
8.1.10	Playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto.....	87
8.1.11	Playas Costanera Sur y Costanera Norte	90
8.1.12	Playa La Mar Brava Sur	94
8.1.13	Playas La Mar Brava Norte y Carpayo	99
8.1.14	Playas La Arenilla y Malecón Prado	100
8.2	<i>Características actuales del conjunto de playas de la ensenada de Chorrillos</i>	104
8.2.1	Rasgos morfológicos.....	104
8.2.2	Características hidrodinámicas	106
8.2.3	Uso del suelo predominante.....	107
8.3	<i>Proyección de escenarios 2011</i>	108
8.3.1	La Herradura	108
8.3.2	La Mar Brava	109
9	Discusión e interpretación de resultados.....	110

9.1	<i>Clasificación de playas según estadios actuales</i>	110
9.2	<i>Validación de la clasificación propuesta: intervalos de confianza y niveles de semejanza según tasa de cambio por regresión lineal</i>	111
9.2.1	Semejanza según bloques	111
9.2.2	Semejanza según sectores	113
9.3	<i>Cuestiones sobre morfología de costa</i>	114
9.3.1	Cambio en morfología playa La Herradura: empedramiento y retroceso de la línea de costa 114	
9.4	<i>Consideraciones sobre los materiales de cartografía y aerofotografía</i>	116
9.4.1	Cartografía	116
9.4.2	Aerofotografía.....	116
10	Conclusiones	118
	Bibliografía	121
	Fuentes de Internet	123
	Material cartográfico	124
	Material aerofotográfico	128
	Anexos	129
	<i>A. Estadísticas variación de la línea de costa</i>	<i>129</i>
	A.1 Playas La Chira y La Herradura	129
	A.2 Playas Club Regatas Lima, Pescadores, Agua Dulce y Sombrillas	130
	A.3 Playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas	131
	A.4 Playas Piedritas, Estrella y Redondo	132
	A.5 Playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos	133
	A.6 Playas Los Delfines, Orrantia del Mar y Marbella	134
	A.7 Playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto	135
	A.8 Playas Costanera Sur y Costanera Norte	136
	A.9 Playa La Mar Brava Sur	138
	A.10 Playas La Mar Brava Norte y Carpayo.....	139
	A.11 Playas La Arenilla y Malecón Prado	139
	<i>B. Perfiles de playa y variabilidad del nivel de marea ensenada de Chorrillos</i>	<i>141</i>
	B.1 Playa Pescadores.....	141
	B.2 Playa Agua Dulce	141
	B.3 Playa Sombrillas	142
	B.4 Playa Los Yuyos	143
	B.5 Playa Cascadas – Barranquito	143
	B.6 Playa Piedritas	144
	B.7 Playa Estrella	144
	B.8 Playa Redondo	145
	B.9 Playa Makaha	145
	B.10 Playa Waikiki	146
	B.11 Playa La Pampilla Sur	146

Índice de figuras

Fig. 1: Mapa de ubicación bahía de Miraflores.....	2
Fig. 2: Imagen satelital Landsat 5 TM bahía de Miraflores	3
Fig. 3: Unidades y elementos fisiográficos de la playa.....	24
Fig. 4: Mapa geológico de la bahía de Miraflores	34
Fig. 5: Diagrama de trabajo	40
Fig. 6: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Chira 1936-2005	58
Fig. 7: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playa La Chira 1936-2005	59
Fig. 8: Paralelo playa La Herradura entre posición cercana de máximo avance en 1984 y posición de máximo repliegue en 2005	61
Fig. 9: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Herradura 1936-2005	61
Fig. 10: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playa La Herradura 1936-2005.	63
Fig. 11: Secuencia de espigones 1943-2005 en las playas Club Regatas Lima y Pescadores.....	64
Fig. 12: Área ganada durante el periodo 1944-1958.....	66
Fig. 13: Máximo retroceso de la línea de costa en 1986 playa Agua Dulce, luego de 1974.....	66
Fig. 14: Contraste entre lento desarrollo playa Sombrillas	67
Fig. 15: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Club Regatas Lima Regatas, Pescadores, Agua Dulce y Las Sombrillas 1936-2005	69
Fig. 16: Sector de la bahía aún no intervenida playas de Barranco.....	70
Fig. 17: Sedimentación arenosa incipiente en playas Los Pavos y Barranco.....	70
Fig. 18: Repliegue de la costa entre 1990-2005 en unidades Barranquito y Los Pavos.....	71
Fig. 19: Desmantelamiento incipiente del terraplén costero en Los Yuyos y Barranco	71
Fig. 20: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas 1936-2005.....	74
Fig. 21: Conjunto de playas Piedritas, Estrella y Redondo sin intervención	75
Fig. 22: Extenso espigón norte playa Redondo.....	76
Fig. 23: Cantos rodados como el material predominante en playas Piedritas, Estrella y Redondo.....	76
Fig. 24: Paralelo playas Estrella y Redondo entre posición cercana al máximo avance y posición de máximo repliegue.....	76
Fig. 25: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Piedritas, Estrella y Redondo 1936-2005.	78
Fig. 26: Sección de mayor espesor del acantilado costero.....	79
Fig. 27: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos 1944-2005.	82
Fig. 28: Secuencia del avance del terraplén en la playa Marbella	83
Fig. 29: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Los Delfines, Orrantía del Mar y Marbella 1944-2005.....	86

Fig. 30: Desplazamiento neto de la línea de costa playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto 1944-2005	87
Fig. 31: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión linear sector playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto 1944-2005.....	89
Fig. 32: Desplazamiento neto de la línea de costa playas Costanera Sur y Costanera Norte 1944-2005.....	91
Fig. 33: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión linear sector playas Costanera Sur y Costanera Norte 1944-2005.....	93
Fig. 34: Vista general de La Perla Alta y La Perla Baja	94
Fig. 35: Desmantelamiento vía Av. Costanera por retroceso de la línea de costa entre 1944-1958	95
Fig. 36: Sección de la costa erosionada entre 1995-2005 playa La Mar Brava Sur.....	96
Fig. 37: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Mar Brava Sur 1944-2005.....	96
Fig. 38: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión linear sector playa La Mar Brava Sur 1944-2005.....	98
Fig. 39: Pérdida de playa y posterior construcción de rompeolas playa La Arenilla.....	101
Fig. 40: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Mar Brava Sur 1944-2005.....	101
Fig. 41: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión linear sector playas La Mar Brava Norte, Carpayo, La Arenilla y Malecón Prado 1944-2005.....	103
Fig. 42: Clasificación propuesta para las unidades de la bahía según sectores y bloques.....	111

Índice de tablas

TABLA I - Relación granulometría de los materiales de la playa y pendiente promedio de la playa	25
TABLA II - Síntesis de las unidades litoestratigráficas en la bahía de Miraflores	35
TABLA III - Descripción del conjunto de unidades estratigráficas que conforman el Grupo Rímac	37
TABLA IV - Especificaciones serie cartográfica	43
TABLA V - Especificaciones serie recubrimiento aerofotográfico.....	44
TABLA VI - Variabilidad horizontal del nivel de marea y margen de error estimado para conjunto de playas de la ensenada de Chorrillos.....	48
TABLA VII - Síntesis variación temporal playa La Chira 1936-2005.....	58
TABLA VIII - Síntesis variación temporal playa La Herradura 1936-2005.....	62
TABLA IX - Síntesis variación temporal playas Club Regatas Lima y Pescadores 1936-2005.....	65
TABLA X - Síntesis variación temporal playa Agua Dulce 1936-2005.....	67
TABLA XI - Síntesis variación temporal playa Las Sombrillas 1936-2005.....	68
TABLA XII - Síntesis variación temporal Los Yuyos 1936-2005.....	72
TABLA XIII - Síntesis variación temporal playa Barranco 1936-2005.....	72
TABLA XIV - Síntesis variación temporal playa Los Pavos 1936-2005.....	72
TABLA XV - Síntesis variación temporal playa Barranquito 1936-2005.....	73
TABLA XVI - Síntesis variación temporal playa Las Cascadas 1936-2005.....	73
TABLA XVII - Síntesis variación temporal playa Piedritas 1936-2005.....	77
TABLA XVIII - Síntesis variación temporal playa Estrella 1936-2005.....	77

TABLA XIX - Síntesis variación temporal playa Redondo 1936-2005.	77
TABLA XX - Síntesis variación temporal playa Makaha 1944-2005.	80
TABLA XXI - Síntesis variación temporal playa Waikiki 1944-2005.	80
TABLA XXII - Síntesis variación temporal playa La Pampilla Sur 1944-2005.	81
TABLA XXIII - Síntesis variación temporal playa La Pampilla Norte 1944-2005.	81
TABLA XXIV - Síntesis variación temporal playa Tres Picos 1944-2005.	81
TABLA XXV - Síntesis variación temporal playa Los Delfines 1944-2005.	84
TABLA XXVI - Síntesis variación temporal playa Orrantía del Mar 1944-2005.	85
TABLA XXVII - Síntesis variación temporal playa Marbella 1944-2005.	85
TABLA XXVIII - Síntesis variación temporal playa Puericultorio Pérez Aranibar 1944-2005.	88
TABLA XXIX - Síntesis variación temporal playa López de Solís 1944-2005.	88
TABLA XXX - Síntesis variación temporal playa Bertolotto 1944-2005.	88
TABLA XXXI - Síntesis variación temporal playa Costanera Sur 1944-2005.	91
TABLA XXXII - Síntesis variación temporal playa Costanera Norte 1944-2005.	92
TABLA XXXIII - Síntesis variación temporal playa La Mar Brava Sur 1944-2005.	97
TABLA XXXIV - Síntesis variación temporal playa La Mar Brava Norte 1944-2005.	99
TABLA XXXV - Síntesis variación temporal playa Carpayo 1944-2005.	100
TABLA XXXVI - Síntesis variación temporal playa La Arenilla 1944-2005.	102
TABLA XXXVII - Síntesis variación temporal playa Malecón Prado 1944-2005.	102
TABLA XXXVIII - Rasgos morfológicos actuales de playas en la ensenada de Chorrillos.	105
TABLA XXXIX - Sedimentos de playa en la ensenada de Chorrillos.	106
TABLA XL Características hidrodinámicas del conjunto de playas en la ensenada de Chorrillos.	107
TABLA XLI - Uso del suelo predominante en el conjunto de playas de la ensenada de Chorrillos.	108
TABLA XLII - Síntesis clasificación propuesta según estadios actuales.	110
TABLA XLIII - Niveles de semejanza según bloques.	113
TABLA XLIV - Niveles de semejanza según sectores.	114

Acrónimos

APS	Anticiclón del Pacífico Sur.
APCV	Autoridad Autónoma del Proyecto Costa Verde, Lima-Perú.
DICAPI	Dirección General de Capitanías y Guardacostas. Perú.
DSAS	Digital shoreline analysis system (Sistema digital de análisis de la línea de costa).
ENSO	El Niño - Southern Oscillation (El Niño - oscilación del sur).
EPR	End point rate (Tasa de cambio final).
ESRI	Environmental Systems Research Institute, Inc.
HIDRONAV	Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. Ministerio de Marina. Perú.
IGM	Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú.
IGN	Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú.
IMP	Instituto Metropolitano de Planificación, Lima-Perú.
INGEMMET	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima-Perú.
LRR	Linear regression rate -of-change statistic (Tasa de cambio por regresión lineal).
MED	Ministerio de Educación del Perú.
NSM	Net shoreline movement (Movimiento neto de la costa).
PETT	Proyecto Especial de Titulación de Tierras. Ministerio de Agricultura, Perú.
PUCP	Pontificia Universidad Católica del Perú.
SAN	Servicio Aerofotográfico Nacional, Lima-Perú.
SIG	Sistema de Información Geográfica.
SCE	Shoreline change envelope (Amplitud de desplazamiento).
USGS	United States Geological Survey (Servicio geológico de los Estados Unidos)

Resumen

La tesis “Análisis de variabilidad temporal de la línea de costa mediante la aplicación de métodos de teledetección y sistema de información geográfica: bahía de Miraflores, Perú 1936-2005” plantea cuantificar las variaciones temporales de la línea de costa en la bahía de Miraflores durante el periodo 1936-2005. Para ello se identifican los períodos erosivos/depositacionales y las playas de la Bahía son clasificadas en función a la intensidad de estos procesos y sus características geomorfológicas. Una base de datos geoespaciales generada a partir del análisis permite ensayar el comportamiento de la línea de costa para el periodo 2005-2011 y evaluar sus potenciales consecuencias.

La cuantificación y evaluación de los cambios de la línea de costa combina e integra métodos de cartografía, fotointerpretación, levantamiento de información de campo y análisis de estadística espacial dentro de un entorno de un Sistema de Información Geográfica.

La presión ejercida sobre las áreas costeras sobreviene eventualmente en incompatibilidades entre la oferta natural y los usos del espacio. Se plantea así, la meta de incluir necesariamente estudios ambientales costeros dentro de la gestión y ordenamiento del territorio, particularmente como herramienta para la gestión en la bahía de Miraflores.

La tesis parte de la siguiente hipótesis: “La instalación de estructuras costeras dedicadas a la formación de nuevas playas de arena y a la mitigación del impacto del oleaje modificaron el balance de los sedimentos a lo largo de toda la bahía. La dinámica y morfología de esta célula litoral resultó modificada con efectos indeseados como la acumulación excesiva de materiales en algunas playas del sur y procesos erosivos en las playas ubicadas en los distritos de Magdalena del Mar, San Miguel y La Perla.”.

Se concluye que la bahía de Miraflores fue en condiciones naturales una única célula litoral pero, con los espigones y la interrupción del tránsito de sedimentos, la bahía actualmente está fragmentada en diversas células litorales de menor tamaño. No obstante estas células muestran conexiones entre sí y presentan a la bahía como un sistema mayor, en el que el mecanismo hidrodinámico encargado del transporte de sedimentos locales es el sistema de

corrientes generados por la ruptura del oleaje en la costa. La tendencia actual es al repliegue de la línea de costa en todas las playas, con particular intensidad en el conjunto de playas de la ensenada de Chorrillos y la playa La Mar Brava Sur. El límite norte de las playas de arena se situó en la década de 1990 en la playa Redondo, y actualmente este límite se ubica algo más al sur en la playa Cascadas. Una validación estadística de clasificación de la costa corroboró estadísticamente que 10 del total de 12 bloques y la totalidad de los 7 sectores identificados se presentan como muy particulares y distintos entre si. De esta forma los resultados del análisis estadístico y la clasificación propuesta se muestran coherencia entre si.



1 Introducción

1.1 Ubicación del área de estudio

La bahía de Miraflores está ubicada en la margen oeste de la ciudad de Lima y al sur de la Bahía del Callao, comprende una faja costera de aproximadamente 32,5 km entre La Punta en el extremo norte y La Chira en el extremo sur (cfr. Fig. 1 y Fig. 2). Conocida también como Costa Verde, esta denominación originalmente hace referencia sólo al conjunto de playas ubicadas al pie del acantilado entre los distritos de Chorrillos y San Isidro; sin embargo, la misma se ha hecho extensiva a toda la franja ribereña de la bahía. Según su definición legal, ella comprende aquella franja costera de playas, además de terrenos existentes y por ganarse desde la línea de máxima marea, hasta la franja de ancho variable del borde superior de los acantilados (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995). Según la demarcación política corresponde su ubicación a los distritos de Chorrillos, Barranco, Miraflores, San Isidro, Magdalena del Mar, San Miguel de la Provincia de Lima y, La Perla, Callao Cercado y La Punta de la Provincia Constitucional del Callao. Dentro de este ámbito geográfico se desarrolla el estudio “Análisis de variabilidad temporal de la línea de costa mediante la aplicación de métodos de teledetección y sistema de información geográfica: bahía de Miraflores, Perú 1936-2005”, el mismo que enfoca de modo particular la franja de playas y sus variaciones morfológicas en tiempo y espacio.

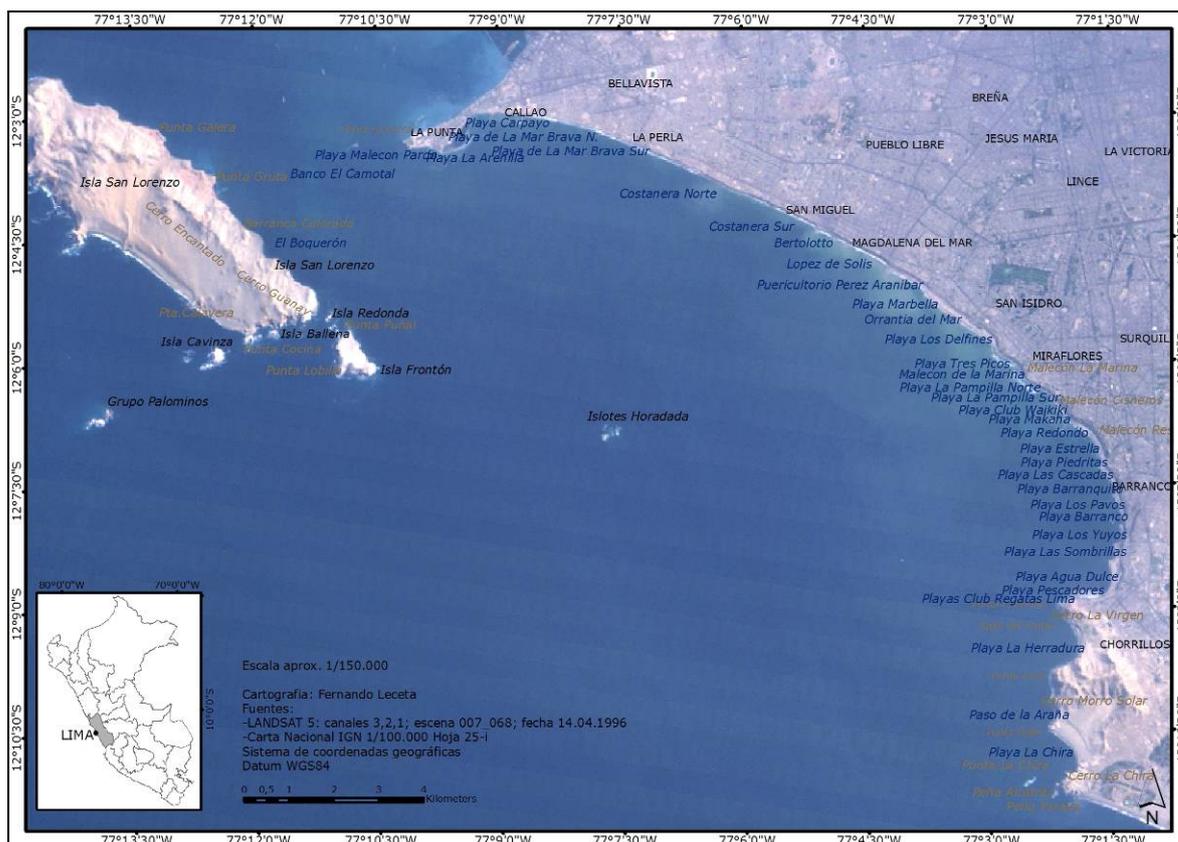


Fig. 2: Imagen satelital Landsat 5 TM bahía de Miraflores. Cartografía: Fernando Leceta Gobitz. Elaborado a partir de: (DHN, 1998, DHN, 2000, MED-WEB, 2008, USGS-WEB, 2008)

1.2 *Habilitación y ocupación de la Costa Verde*

El proceso de acondicionamiento de La Costa Verde como espacio de recreación de Lima se inició a mediados de siglo XIX dentro del contexto de la Revolución Industrial, toda vez que hasta entonces el mar era visto como medio de transporte para la navegación y fuente de recursos para la pesca, mas no como espacio de recreación. Áreas costeras como la Costa Azul francesa aparecieron como una nueva alternativa ante el estrés de la vida en las grandes ciudades industriales del siglo XIX.

La prosperidad económica del “Boom del Guano” en la segunda mitad del siglo XIX hizo posible que pueda vivirse este impulso modernizador en el Perú. Chorrillos apareció como el nuevo balneario de Lima, en él empezaron a construirse malecones y nuevas casonas, las que funcionaron principalmente como residencias de verano. La guerra con Chile, y la consecuente destrucción de Chorrillos, puso en definitiva freno a este impulso. Recién en la última década del siglo XIX, las construcciones del nuevo local del Club Regatas Lima en los terrenos junto al muelle Dellepiani y los primeros accesos públicos para el área de

recreación de verano en los distritos Barranco y Miraflores dieron una nueva dinámica a ese espacio (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

Para la década de 1920 Barranco constituyó un nuevo balneario; en él empezaron a construirse nuevas y mejores residencias, ya no sólo como lugar de veraneo, sino como residencia permanente. La instalación de un funicular hacia la bajada a los baños de Barranco permitió un acceso permanente a las playas de este sector de la bahía. Igualmente, durante esta década se inició la instalación de los primeros espigones y enrocados para conformar playas en aquellos sectores (Chorrillos y Barranco); este proceso siguió ejecutándose durante la década siguiente.

También en la década de 1920 Miraflores empezó un proceso de urbanización e integración al casco urbano de Lima. En este aspecto, la construcción de la Av. Leguía (hoy Av. Arequipa) durante la década de 1920 desempeñó un rol muy importante al articular al resto de distritos de Lima con esta parte de la ciudad. Particularmente, los recién creados Baños de Miraflores se vieron beneficiados con el flujo de personas durante los meses de verano a sus playas; Miraflores apareció así como una nueva alternativa a los entonces únicos Baños de Chorrillos y Barranco. El proceso se consolidó con la construcción del club Waikiki en la década de 1940 al pie del acantilado en la actual bajada de Armendáriz.

Hacia 1940, el Club Regatas Lima inició el enrocado dentro de su espacio (extremo sur de la bahía) con la finalidad de sedimentar arena, formar nuevas playas y así ampliar su área recreativa. Siguiendo el ejemplo exitoso del Club Regatas Lima, se realizaron a lo largo de esta década obras para instalar y extender espigones nuevos y existentes entre Chorrillos y Barranco; con ello se buscó desarrollar las playas del sector (Pescadores, Agua Dulce y los Baños de Barranco). Así mismo, durante este período se reacondicionaron y reconstruyeron los accesos peatonales y carrozables para los Baños de Miraflores, los Baños de Barranco y la Herradura en Chorrillos a cargo de las municipalidades distritales.

En 1960, Lima experimentó un primer gran crecimiento urbano y poblacional contando con más de 2 millones de habitantes según el Censo de 1961. La infraestructura para el transporte urbano, así como la oferta de centros de recreación de veraneo ya no satisfacían la demanda. Por ello, el Gobierno Central planteó en 1970 configurar a la bahía de

Miraflores (Costa Verde) como un área de recreación metropolitana y a la vez aprovechar este espacio como eje de integración vial para la ciudad (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995). Idealmente, cada distrito dentro de la Costa Verde, desde Chorrillos hasta la Punta, contaría con su propio conjunto de playas y centros de recreación. Las tareas de instalación de espigones para formar nuevas playas y relleno de material para crear una plataforma base al pie del acantilado se llevaron a cabo inicialmente en los distritos del sur y progresivamente hacia los del norte. Dentro de este marco se desarrolló el Circuito de playas de la Costa Verde, vía que en principio uniría todos los distritos a lo largo de la bahía mediante una autopista. Durante la primera etapa de su construcción en la década de 1960, se logró construir el tramo La Herradura – Miraflores, este tramo fue prolongado hasta la Bajada de Marbella en San Isidro para finales de la década de 1970 (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

En la segunda mitad de la década de 1980, el Gobierno Central inició la construcción del tramo del Circuito de Playas correspondiente a los distritos de San Isidro, Magdalena y San Miguel (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995). Sin embargo, esta presentó deficiencias en su construcción. Problemas de erosión marina en la plataforma sobre la cual se construyó la pista obligaron a clausurarla en repetidas oportunidades, básicamente los problemas presentados estaban asociados al material utilizado para la construcción de la plataforma base (material de desmonte no consolidado), así como la falta de mecanismos de protección contra el oleaje (enrocado); añadido a ello, persisten a la fecha problemas con la inestabilidad de taludes que han venido generando desprendimientos de materiales del acantilado.

Por su parte, la Municipalidad Distrital de Chorrillos inició en 1984 la construcción de la vía Paso de la Araña entre las playas La Herradura-La Chira-Villa. A la fecha esta vía no ha logrado ser concluida y su uso se restringe únicamente a vehículos acondicionados para este tipo de superficie.

Por otro lado, la instalación de espigones y la formación de playas con fines de esparcimiento solo se han podido lograr hasta Miraflores. Desde este sector hacia el norte de la bahía, las playas de la Costa Verde no son utilizadas como áreas de esparcimiento, por lo que únicamente cumplen parcialmente la función de eje vial metropolitano. Con la finalidad de aprovechar este espacio, a finales de la década de 1980, la Municipalidad

Metropolitana de Lima construyó algunos módulos deportivos entre Miraflores y San Isidro.

Hacia la década de 1990 y parte del 2000 se reacondicionó parcialmente el sector norte de la vía Circuito de Playas, y se encuentra actualmente habilitada hasta la prolongación de la Av. Universitaria en el distrito de San Miguel. Aún persisten, sobretodo en el extremo norte de la vía, los problemas de inestabilidad de taludes y erosión marina mencionados.



2 Problemática y justificación

2.1 Problemática

Desde 1994, la Autoridad Autónoma del Proyecto Costa Verde (APCV) aparece como el ente normativo, promotor y fiscalizador de mayor nivel metropolitano para el desarrollo de este espacio. Su directorio está conformado por seis alcaldes distritales (Chorrillos, Barranco, Miraflores, San Isidro, Magdalena del Mar y San Miguel) y el de Lima Metropolitana, quien además lo preside.

El Plan Maestro de Desarrollo de la Costa Verde, elaborado en 1991 y vigente desde 1995, es el instrumento de planificación que establece los lineamientos generales, el Programa de Inversiones y la normativa respecto a toda actividad relacionada al desarrollo de este espacio. Plantea integrar la Costa Verde al área urbana, consolidándola como el eje de integración vial metropolitana y área de recreación y turismo metropolitano, elevando así el nivel de calidad de vida de las poblaciones involucradas. Para ello se propone brindar un marco de promoción de inversiones públicas, privadas y mixtas, que faciliten el equipamiento y servicios en turismo, recreación, deporte, cultura y transporte.

No obstante, la vigencia del Plan Maestro y la gestión realizada por APCV, este presenta deficiencias de carácter técnico y administrativo. Si bien son ciertas muchas de estas deficiencias son herencia del periodo previo a la instalación de la APCV, lo cierto es que en los últimos doce años esta tendencia no se ha revertido.

La no inclusión de los distritos La Perla, Callao Cercado y La Punta como integrantes de la APCV, aparece como el principal obstáculo para la gestión integral de este espacio, dado que estos distritos forman parte de una misma unidad geográfica (La bahía de Miraflores), con problemas de desarrollo socio-económico comunes; por consiguiente, todo el corredor ribereño debería formar una única unidad administrativa y operacional. Es así que todo intento por recuperar integralmente la Costa Verde ha resultado en proyectos (por lo general de infraestructura) aislados y de vigencia temporal limitada. El corredor ribereño de la Costa Verde ha venido creciendo desde entonces de a pocos, pero sin una propuesta integral y concertada.

La poca importancia asignada a los escasos estudios ambientales-costeros que contemplan la dinámica geomorfológica y oceanográfica de la línea de costa, se hace evidente en muchas las obras civiles ejecutadas en la Costa Verde. Se añade a ello la falta de un Programa de Inversiones, disponibilidad de recursos financieros en las municipalidades locales y del Gobierno Central, determinando que el avance de la faja litoral sea lento y desigual y en el caso de algunos distritos, inexistente.

Las playas ubicadas al sur de la bahía (Chorrillos, Barranco y Miraflores) se desarrollaron a partir de la instalación de espigones y rompeolas distribuidos en forma perpendicular a lo largo de la línea de costa. Paulatinamente se dio la acumulación de sedimentos (arenas finas y gruesas) en la cara sur de estos espigones, además de habersele agregado progresivamente material en la base del acantilado. La línea de costa fue desarrollándose así desde la base del acantilado hacia mar adentro, permitiendo la existencia de una plataforma estable de al menos 50 m de ancho. Sobre ella fue posible construir la carretera del circuito de playas, una franja de playa y otra para actividades recreativas. Alejando el área de rompiente de la base del acantilado, se resuelve (o al menos minimiza) además el problema de la inestabilidad de taludes y deslizamiento de materiales en el acantilado.

El panorama en las playas ubicadas al norte de la bahía es distinto. Planteado como eje de integración vial metropolitano, el Circuito de Playas permanece aún inconcluso entre los distritos San Miguel y La Punta. El terreno ganado al mar entre San Miguel y La Perla fue erosionado en más de una oportunidad por la acción del fuerte oleaje, y se llevó también el segmento de carretera sobre él construida. Se trata de un terreno no consolidado e inestable que fue ganado al mar, agregando y acumulando material de desmonte en la base del acantilado. Asimismo, debido a la constante acción de las olas, hay una transferencia de energía hacia el acantilado adyacente, con lo que se magnifica la inestabilidad de su talud, lo que provoca constantes derrumbes de cantos rodados, tierra y otros materiales. La acumulación de prácticamente la totalidad de los sedimentos en las playas del sur de la bahía magnifica este problema; las playas ubicadas al norte de la bahía no reciben el aporte de estos sedimentos, por lo que la acción del oleaje remueve los pocos sedimentos disponibles que no son repuestos; con ello, esta franja de playa se ve desprotegida, acelerándose el proceso de erosión.

El caso de la playa La Herradura pone también en evidencia los vacíos técnicos e incoherencias administrativas en la gestión de este espacio. Planteada la necesidad de ampliar el corredor vial metropolitano, en 1984 la Municipalidad Distrital de Chorrillos gestionó y ejecutó la construcción la carretera “Paso de la Araña”, la cual uniría las playas La Herradura, La Chira, y Villa con el circuito de playas. El uso de explosivos en parte del cerro La Chira generó gran cantidad de escombros, los que cayeron al mar y se acumularon en la zona adyacente, hecho que modificó la dinámica de las corrientes en la ensenada La Herradura. Los sedimentos traídos regularmente por la corriente fueron acumulándose en el área de escombros, lo que determinó que la playa La Herradura dejara de recibir estos aportes de arena. Desde entonces el mar fue erosionando la franja de playa; actualmente afecta al malecón y las edificaciones ubicadas en el extremo sur de la playa.

Las autoridades al ver en la Costa Verde un potencial urbano-turístico no explotado, apostaron por un programa de inversiones que promoviera la instalación de centros de convenciones, infraestructura hotelera, restaurantes, centros culturales, complejos deportivos y recreacionales. Dentro de este marco, la entrega en concesión de terrenos ubicados dentro la franja ribereña por parte de las municipalidades distritales de Barranco, Magdalena y Chorrillos, promovida por la Municipalidad Metropolitana de Lima y en conformidad con la APVC, ha devenido en un conflicto entre los actores involucrados por un inadecuado uso de suelo. Las normas vigentes como la Ley General de Aguas de 1969, Ley de Control y Vigilancia de las Actividades Marítimas, Fluviales y Lacustres (1996), Ley de Playas (1997) y la Ordenanza 750 de la Municipalidad de Lima Metropolitana), consideran como intangible a aquella franja ribereña de 50 metros paralela y adyacente a la línea promedio de alta marea y cuyo uso sólo es posible cuando lo autoriza la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI). Pese a no contar con la autorización de DICAPI, la instalación de complejos deportivos y restaurantes (Barranco), una estación de servicio y un circuito de carros (Magdalena), ambos dentro de la franja intangible y dos lotes para el desarrollo de un proyecto inmobiliario (Chorrillos), han modificado no solo el paisaje, sino que se recortan los derechos ciudadanos de libre acceso a las playas. Al igual que en los casos anteriores, la problemática de trasfondo se asocia a una inadecuada habilitación de este espacio; una plataforma litoral poco desarrollada promueve que estas estructuras se sitúen sobre la franja de playas.

2.2 *Justificación*

La costa peruana comprende aquel espacio del territorio nacional con características naturales, demográficas, sociales, económicas y culturales propias y definidas. Procesos de interacción entre el mar, el continente y la atmósfera, hacen de las áreas costeras una compleja zona ambiental y de gran importancia para el hombre (Strahler & Strahler, 1984). Posee una gran capacidad para proveer bienes y servicios que sostienen actividades como pesca, turismo, recreación, navegación, etc. además de servir como soporte al área urbana de Lima. No obstante, es también un ecosistema natural y frágil, que exige un manejo que garantice la preservación de sus recursos y la sustentabilidad de las actividades que posibilita.

Los estudios ambientales costeros cumplen un rol importante en el entendimiento de la célula litoral como un sistema dinámico, abierto y susceptible de ser modificado; dependiendo de las circunstancias, el movimiento de aguas por las olas, mareas, tormentas y corrientes litorales, se combinan e interactúan con el continente para dar como resultado una serie de procesos costeros erosivos o deposicionales (Komar, 1983). Dentro de este contexto las playas, como acumulaciones litorales de sedimentos libres o no consolidados como arena o grava (Coque, 1984), aparecen como los elementos más sensibles ante cualquier cambio dentro de la célula litoral; esencialmente, ellas tienen la función de absorber la energía expuesta directamente por la acción del oleaje y evitan así que los procesos erosivos en el litoral continúen tierra adentro y puedan afectar las obras construidas por el hombre (Strahler & Strahler, 1984).

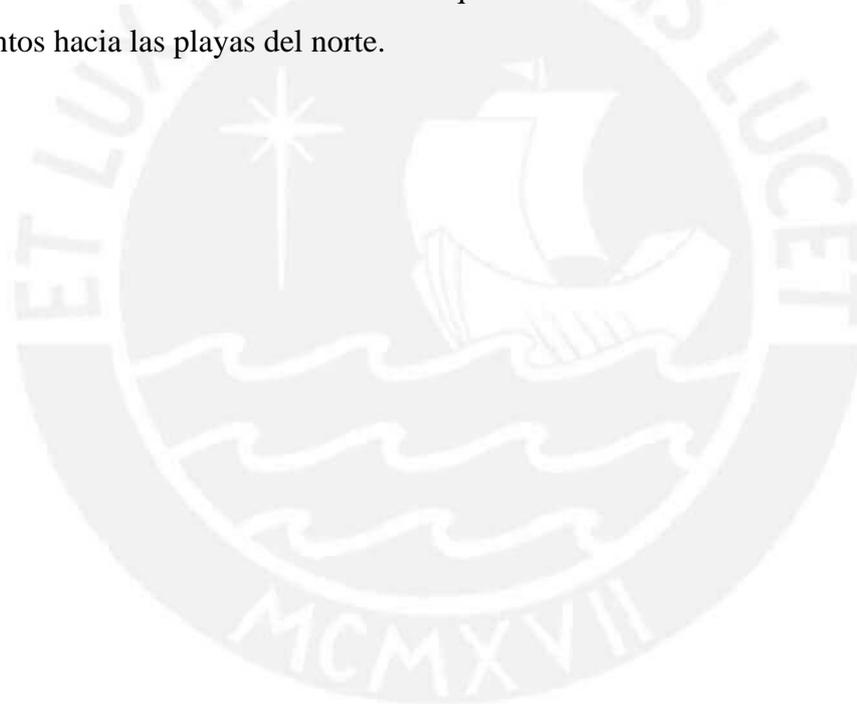
La presión ejercida sobre las áreas costeras sobreviene eventualmente en incompatibilidades entre la oferta natural y los usos del espacio, las cuales tienen origen en períodos cíclicos naturales erosivos o deposicionales de las playas. Muchas de estas incompatibilidades se expresan en obras de ingeniería costera, las cuales pueden proteger temporalmente las obras civiles pero contribuyen con la erosión o el arenamiento de las playas aguas abajo o arriba (Komar, 1983); intentos de estabilización dentro de este sistema, han traído consecuencias negativas en la mayoría de los casos. Al tratarse de una misma célula litoral, toda acción que modifique las características geomorfológicas y oceanográficas de las playas del sur de la bahía, tendrán necesariamente efecto en la morfodinámica de las playas ubicadas al norte de la misma.

Así los estudios cuantitativos sobre variación de línea de costa se enfocan esencialmente en el desarrollo de playas (naturales), permiten evaluar comportamientos y proyectar tendencias de la línea de costa y sirven como información base en la formulación de políticas de manejo integrado en áreas costeras. Se plantea así, la meta de incluir necesariamente estudios ambientales costeros dentro de la gestión y ordenamiento del territorio, particularmente como herramienta para la gestión en la bahía de Miraflores.



3 Hipótesis

La instalación de estructuras costeras dedicadas a la formación de nuevas playas de arena, a la mitigación del impacto del oleaje sobre la costa en la bahía de Miraflores y a la expansión del área urbana de Lima-Sur son factores que han modificado el balance de los sedimentos a lo largo de toda la bahía. Desde la década de 1950 se ha visto modificada la dinámica y morfología de esta célula litoral con resultados indeseados como la acumulación excesiva de materiales en algunas playas del sur y procesos erosivos en las playas ubicadas en los distritos de Magdalena del Mar, San Miguel y La Perla. Los aportes de sedimentos desde el sur ya no compensan las pérdidas de materiales por erosión de la ribera y sus acantilados. Por ello, la construcción de espigones y la protección de la Costa Verde, estaría afectando la tendencia al equilibrio en la bahía al interrumpir el aporte de sedimentos hacia las playas del norte.



4 Objetivos

4.1 *Objetivo general*

- Cuantificar, analizar y evaluar el proceso de desarrollo de la línea de costa en la bahía de Miraflores durante el periodo 1936-2005, tanto en playas naturales como en playas modificadas antrópicamente.

4.2 *Objetivos específicos*

- Reconstruir los escenarios de la línea de costa entre el periodo 1936-2005, determinando tasas y períodos erosivos/depositacionales y clasificando las playas en función a la intensidad de estos procesos y sus características geomorfológicas predominantes.
- Caracterizar el estado actual de la línea de costa en la ensenada de Chorrillos en función a sus rasgos y procesos geomorfológicos predominantes.
- Analizar espacialmente la información dentro del entorno de un Sistema de Información Geográfica.
- Generar una base de datos geoespaciales que permita proyectar el perfil de la línea de costa para el periodo 2005-2011.

5 Marco teórico

La presente investigación cuenta con las siguientes explicaciones teóricas

5.1 Generación de ondas: ondas de mar de fondo y ondas de mar de viento

En el océano las ondas se manifiestan como una perturbación en la columna de agua, generadas a partir de la transferencia de la energía del viento a la superficie del mar. Ya sea mar adentro o en las proximidades de la costa, las ondas se propagan desde su lugar de origen, formando inicialmente un grupo de ondas de tamaños y periodos irregulares. Sus rasgos son definidos tanto por las características de los vientos y como las dimensiones del Fetch. La velocidad de propagación, la longitud, periodo y altura de las ondas se rigen por la velocidad y duración del viento, mientras que su desarrollo está en función a las dimensiones del Fetch, que es el área sobre la cual sopla el viento (Komar, 1976).

Según Komar (1976), la posición relativa del lugar de origen de las ondas con respecto a la línea de costa, define que ellas puedan ser clasificadas como Ondas por Mar de Fondo y Ondas por Mar de Viento. Las **ondas de mar de fondo** abandonan su área origen mar adentro y lejos de la línea de costa, para dejar de lado su carácter caótico inicial, y orientarse en forma paralela según la dirección inicial del viento en grupos de ondas llamados Tren de Ondas. Ellas se presentan como un grupo de ondas regulares, ordenadas de acuerdo con el período. Aunque el espectro puede ser amplio, 13 segundos es el periodo común en el Pacífico, y normalmente mayores a 7-9 segundos. Este tipo de ondas se relacionan con períodos de acumulación de sedimentos en las playas. Por su parte las **ondas de mar de viento** se originan por vientos de tormenta local, ya sea en alta mar o próximos a la línea de costa. A diferencia del caso de Mar de Fondo, las ondas alcanzan la línea de costa a manera de una mezcla caótica de ondas con alturas y períodos diversos. Dado este carácter, se las asocia con fases de remoción de sedimentos de las playas.

5.2 Transformación de ondas en aguas profundas y someras

Como consecuencia de la propagación de la energía en forma de ondas, las partículas de agua describen movimientos orbitales circulares en los niveles superficiales de la masa de agua. La propagación de estos movimientos disminuye progresivamente en intensidad

desde la superficie hasta una profundidad equivalente a la mitad de la longitud de la onda. Este umbral es conocido como “Profundidad Base de la Onda” y define la profundidad por debajo de la cual el agua no se mueve y donde no hay interacción con el fondo. Esta ausencia de fricción determina que la velocidad de propagación de la onda en altamar hacia la costa se determina sólo por el período de la onda.

A medida que el tren se aproxima a la línea de costa, las ondas ingresan en aguas menos profundas y experimentan una serie de cambios en sus características una vez que la profundidad del agua no supera la mitad de la longitud de onda. Por efecto de la fricción experimentada entre el fondo del mar y las partículas de agua, estas últimas describen movimientos orbitales elípticos, haciendo que las partículas se muevan hacia delante en las crestas y hacia atrás en las depresiones. Esta transformación se traduce en disminuciones de la celeridad y de la longitud de onda, mientras que la altura de la misma aumenta; el periodo de la onda es el único parámetro que permanece constante y sin cambios. Cuanto menor es la profundidad del agua, mayor es la interacción entre las ondas y el fondo marino, condiciones que conducen a la ruptura de la onda una vez que se supera la forma crítica. La ruptura de la onda se produce cuando la altura de la onda es aproximadamente tres cuartos de la profundidad del agua. En este punto la onda se vuelve inestable y se rompe debido a la forma de su perfil; esta forma crítica es alcanzada cuando la esbeltez de onda (relación entre su altura y longitud) es \geq a $1/7$ o $0,142$ y el ángulo de la cresta alcanza 120° .

5.3 Tipos de rompientes

De acuerdo con Galvin (1968) los tipos de rompiente se clasifican como:

Rompiente en derrame (spilling): son ondas que rompen total y gradualmente durante un recorrido más o menos largo a causa de un fondo plano y de escasa pendiente ($<3^\circ$), disipando la energía de manera gradual. La forma de la onda se presenta cóncava a ambos lados de la cresta, tras la ruptura de la cresta, esta mantiene su forma.

Rompiente en voluta (plunging): son ondas cuyas crestas superan al núcleo de la onda durante su propagación, produciendo una violenta caída hacia delante análogamente a un

tubo. La energía es descargada por la onda durante el rompiente, concentrándose en esta zona. Se presenta en playas con fondos suaves y de pendiente intermedia (3° - 11°). La forma de la onda es convexa en la parte posterior de la cresta y cóncava en la anterior de la misma.

Rompiente en Colapso (colapsing): fase intermedia entre las rompientes de tipo en voluta y en ondula, caracterizada por disipar la energía sobre la cara de la playa. Requiere de fondos con pendientes intermedias (11° - 15°).

Rompiente en ondula (surfing): la cresta de la onda no llega a romperse, pero cuenta con la suficiente energía para deslizarse y ascender por sobre la cara de la playa; con ello gran parte de la energía es disipada sobre la playa. Se presenta en fondos con pendiente elevada ($>15^{\circ}$).

5.4 Refracción de ondas

Debido a la fricción experimentada entre la masa de agua ondulante y el fondo marino, el originariamente recto tren de olas sufre un desvío en su dirección de aproximación hacia la línea de costa. Esto ocurre una vez que el frente ingresa en aguas someras, donde una parte de la onda alcanza primero la profundidad base, mientras que la otra parte de la onda aún no. Este fenómeno provoca el acercamiento de las ondas en un ángulo bajo, al alinear el ángulo de aproximación de sus crestas con la isobata. La onda muestra así una tendencia a orientarse en forma al litoral. La velocidad de propagación de la onda se ve igualmente reducida en la medida que la profundidad del agua es menor, lo que determina un gradiente en la distribución de la energía descargada sobre la línea de costa. En este sentido, costas maduras y con morfología lineal, como costas con acantilados rectificadas o con farallones, definen ambientes de alta descarga de energía; en oposición, costas juveniles y no lineales como bahías y ensenadas, tienden más bien a disipar la energía en la zona de rompiente.

5.5 Corrientes generadas por ondas: deriva litoral y corriente de retorno

La energía liberada en el momento que la onda se rompe produce flujos de agua o corrientes cuya resultante puede ser paralela o perpendicular a la costa. Komar (1976 y 1978) las clasifica de la siguiente manera:

La corriente paralela a la costa o deriva litoral involucra particularidades de la playa relativas a la dirección de desplazamiento del tren de ondas, la forma de la línea de costa y la batimetría. Estos factores pueden eventualmente armonizar y forzar al tren de ondas a ingresar con una menor velocidad de desplazamiento, incidiendo sobre la línea de costa en un ángulo ligeramente oblicuo debido al fenómeno de refacción. La aproximación oblicua de la onda, y su posterior colapso producen una corriente de desplazamiento en paralelo a la línea de costa entre la zona de rompiente y la playa anterior. Esta corriente resulta del reflujos de la masa de agua que desciende perpendicularmente por la cara de la playa anterior y se combina con el acercamiento y ruptura de la siguiente onda, igualmente oblicua a la línea de costa. Se presenta como un flujo turbulento, con una distribución de velocidades de flujo análogas a las de un río, donde la velocidad de corriente esta definida por el ángulo de incidencia y a la altura de la ola. En la parte sumergida de playa esta se manifiesta como una corriente propiamente de deriva entre la zona de rompiente y la playa anterior, donde define un surco o canal el canal submarino; mientras que sobre la playa anterior misma esta se muestra como una corriente que describe movimientos en forma de zig-zag. Consecuentemente, el transporte de materiales más finos a lo largo de la costa sigue la dirección de flujo de la deriva litoral siguiendo el patrón de movimientos en zig-zag definido por la batimetría y características del oleaje.

La corriente perpendicular a la costa o corriente de retorno es un sistema de corrientes circulatorias presentes entre la zona de rompiente y la playa anterior, generadas a partir del reflujos de agua hacia el mar tras la ruptura de la onda. A diferencia de la deriva litoral, el sistema de corrientes de retorno resulta de una aproximación paralela de las crestas de ondas hacia la línea de costa. Tras su colapso, la energía liberada permite a la masa de agua ascender por la cara de la playa. En su descenso esta sigue la ruta más eficiente, concentrándose en canales dispuestos perpendicularmente a la playa y sobre la ubicación de las cúspides de playa. Estos canales colectan y drenan parte del agua de dos ensenadas contiguas a una velocidad de ~2-4 m/s. De esta forma mantienen la estabilidad de la masa de agua sobre el litoral. El reflujos prosigue su curso dirigido hacia el mar, atravesando la barra en la zona de rompiente hasta perder energía. En este punto, la corriente diverge horizontalmente en giros y nuevos flujos que convergen sobre la playa. La remoción y transporte de sedimentos finos entre la zona de rompiente y la playa describen igualmente este patrón de circulación. El tamaño de las partículas que componen la playa, ejerce

influencia en la intensidad de la corriente de retorno al ser ellos inversamente proporcionales.

5.6 Batimetría y comportamiento de ondas en la bahía de Miraflores

Normalmente el grupo de ondas que alcanza la bahía de Miraflores tiene su origen en vientos generados dentro del área de influencia del Anticiclón del Pacífico Sur (APS). El APS es una región de alta presión atmosférica, normalmente ubicada entre $\sim 25^{\circ}\text{S}$ - 33°S - $\sim 90^{\circ}\text{W}$ en el Pacífico sudoriental y es responsable por la presencia de vientos de superficie con componente sur-sudeste (vientos Alisios).

Sobre las aguas actúan dos fuerzas en forma paralela. Por un lado estas son empujadas por el viento, pero como consecuencia de la fuerza de Coriolis en lugar de responder en esa dirección, tienen una componente que va de la costa hacia mar adentro. La resultante final es producto de la sumatoria de ambas fuerza que actúan en forma paralela. Producto de ello las aguas retiradas son reemplazadas por aguas más profundas y frías. Esto es lo que se llama afloramiento, y es responsable que frente a las costas del Perú hayan aguas mucho más frías que las que le corresponden a su latitud (Woodman Pollitt, 1998).

Sin embargo, el sistema de vientos del APS no es necesariamente constante tanto inter-anualmente como intra-anualmente; en los meses del verano austral, su núcleo tiende a desplazarse hacia el sudeste cerca (o sobre) la costa sur de Chile, disminuyendo la intensidad de sus vientos.

Durante eventos El Niño (ENSO) la actividad convectiva que estaba en el extremo oriental del Pacífico se desplaza hacia el centro del Pacífico. Ello cambia el sistema de presiones y hace que los vientos alisios amainen o que lleguen a soplar aún en direcciones contrarias a las normales. Al cesar los alisios que mantenían la acumulación de aguas en el Pacífico occidental, los desniveles mencionados, tanto de la superficie como de la termoclina, tratan de lograr su posición de equilibrio y las aguas calientes se desplazan hacia el este en forma de una onda (denominada de Kelvin) (Woodman Pollitt, 1998). En este contexto, aguas excepcionalmente cálidas alcanzan las costas de Lima con este fenómeno viene acompañado de vientos provenientes del noroeste (Consultoría Carranza, 2001).

La intensidad y frecuencia de las perturbaciones atmosféricas en el Pacífico sudoriental y frente a la costa norte del Perú, tienen influencia directa en los procesos de remoción de sedimentos a lo largo de la línea de costa; la ocurrencia de oleajes excepcionalmente intensos se les conoce como marea de braveza.

La bahía de Miraflores presenta a grandes rasgos una forma de semi-herradura, con una orientación de la línea de costa predominante SE-NW; este factor, combinado con la dirección dominante del oleaje, determina que la mayor parte de la línea de costa esté expuesta frontalmente a la acción del oleaje. Algunos conjuntos geomorfológicos modifican esta tendencia y determinan que la energía descargada por las olas, no sea homogénea en toda la línea de costa; entre ellos están los afloramientos rocosos del extremo sur de la bahía (Punta La Chira, Morro Solar, Punta Salto del Fraile), el conjunto de islas e islotes ubicados frente al Callao y San Miguel (islotes Horadada, isla El Frontón, isla San Lorenzo), así como la península La Punta y los bancos de arena asociados a esta última (El Camotal).

Este tren de olas viaja desde su área de origen y se desplaza por aguas profundas hasta que encuentran los obstáculos mencionados, produciendo el efecto de “refracción debido a una punta”. Los afloramientos rocosos del extremo sur, aparecen como una porción del continente que entra en el mar e intercepta directamente el tren de ondas, haciéndolas girar en torno a estas porciones de roca, para desviarse y obtener una rompiente progresiva de SE-NW. Este fenómeno puede observarse en las unidades Punta La Chira, Punta Morro Solar y Punta Salto del Fraile, donde el frente de olas (originalmente recto) termina por cambiar su ángulo de incidencia y por tener una forma semi-circular. Dada la mayor velocidad de llegada de las olas a la línea de costa en la cara sur de cada una de estas puntas, la energía cinética acumulada y luego descargada será mayor; de ahí el socavamiento del acantilado rocoso por erosión marina en estos sectores. En cambio, en las ensenadas ubicadas inmediatamente al norte de estas puntas (playa La Chira, playa La Herradura y ensenada de Chorrillos) se presentan como ambientes de menor descarga de energía; estos ambientes posibilitan la acumulación de sedimentos de menor tamaño (arenas) y así la formación de planicies costeras y bancos de arena paralelos a la línea de costa. Al sur de este último conjunto, la distribución de la energía aumenta progresivamente hacia el norte este proceso ha sido acelerado y modificado por el hombre a partir de la instalación de espigones.

Conforme se avanza hacia el norte de la bahía, la intensidad de este fenómeno se mengua hasta desaparecer casi por completo entre San Isidro y Callao Cercado. En este sector la dirección predominante del tren de olas (SW-NE) y la orientación de la línea de costa (SE-NW) coinciden casi perpendicularmente; así las olas golpean frontal y paralelamente contra la línea de costa. Ello determina un ambiente de gran descarga de energía, donde los materiales de menor tamaño son removidos con facilidad por la acción del oleaje. Debido a la instalación de espigones para la formación de playas, la mayor parte del remanente de arenas es retenido en las playas del sur de la bahía; ello impide que los materiales removidos en el sector norte de la bahía puedan ser repuestos, particularmente en el sector de La Mar Brava entre la Perla y Callao Cercado. En todo este sector de línea de costa los materiales predominantes corresponden a cantos rodados de diversos tamaños y algunas gravas.

Por un lado, el conjunto de islas El Frontón y San Lorenzo ubicados frente al Callao, así como la península La Punta y los bancos de arena El Camotal asociados a ella, son también dos conjuntos que modifican la dirección del oleaje y la corrientes superficiales en el sector noroeste de la bahía, lo que las hace particularmente complejas.

Entre ambos conjuntos se encuentra un corredor relativamente angosto y de batimetría variable, conocido como El Boquerón. Se presenta relativamente llano y superficial cerca a La Punta, con profundidades promedio de 4,5 m y más profundo en la margen NE de la isla San Lorenzo, donde en algunos puntos supera los 19 m de profundidad.

Las caras noreste de las islas San Lorenzo y El Frontón fuerzan al tren de olas provenientes del sudeste a divergir y reorientarse hacia la cara noreste de estas islas. Una vez que alcanzan los bordes, las ondas se reflejaban en dirección opuesta, pero con el mismo ángulo de incidencia, haciendo que la dinámica de ondas en el espacio comprendido entre ambas islas se presente como caótica. No obstante la presencia de estas islas atenúa el oleaje en el extremo norte de la bahía, ya que la cara sudoeste recibe el oleaje del sudoeste.

Efecto similar tiene la península La Punta al hacer divergir y ajustar las ondas según la forma de costa; los materiales más recurrentes en este sector son los cantos rodados. El banco de arena El Camotal, de ubicación variable y de 2 m de profundidad en promedio,

tiene también un efecto local en la distribución de la energía en esta área. La poca profundidad reduce las velocidades del tren de ondas y retroalimenta el banco de arenas con nuevos materiales. Esta tendencia, sin embargo, se ve alterada debido a la retención de los sedimentos finos en las playas del sur de la bahía; con ello la tendencia natural a formar un tómbolo entre la península La Punta y las islas San Lorenzo-Frontón es improbable en estas circunstancias.

Los efectos del fenómeno de refracción producidos por otros conjuntos geomorfológicos, como los Islotes Horadada, no son significativos en la dinámica de ondas a escala de toda la bahía.

5.7 Desarrollo de la línea de costa mediante estructuras

El estado de desarrollo geomorfológico juvenil de la Costa Verde muestra una bahía caracterizada por presentar una morfología de costa no lineal, con presencia de puntas rocosas que ingresan en el mar; la tendencia en el desarrollo de ambientes litorales es mostrar una línea de costa rectilínea donde las puntas rocosas son erosionadas, y las bahías o ensenadas son rellenadas con nuevos materiales. Dado que al norte de la punta Salto del Fraile no existen obstáculos naturales que bloqueen el flujo de sedimentos transportados en forma paralela a la línea de costa, la bahía de Miraflores no tiende a formar naturalmente playas de arena. No obstante, existe capacidad de carga para transportar sedimentos finos, haciendo que este flujo de materiales siga su curso hacia el norte y en forma paralela a la línea de costa, alimentando los bancos de arena de El Camotal, para formar en principio un tómbolo entre la península La Punta y el conjunto de islas San Lorenzo-El Frontón. Utilizando la fórmula de Caldwell para transporte litoral potencial, se estableció que el volumen transportado en los primeros 3.750 m de línea de costa desde la Punta hasta Salto del Fraile era de entre $540 \text{ m}^3/\text{día}$ - $2.004 \text{ m}^3/\text{día}$ (Menchaca, 1972).

La arena que llega a las playas de Costa Verde es en parte producto del acarreo de materiales del río Lurín. Al ser comparada con otras cuencas de la vertiente del Pacífico, esta presenta una de las menores áreas de drenaje ($\sim 1.700 \text{ km}^2$). Bancos de arena en la plataforma continental frente a la bahía de Miraflores representan igualmente otra fuente de arenas para las playas de la Costa Verde. En menor medida aportan materiales la

acumulación arenosa de la depresión La Chira y adicionalmente arenas producto de la erosión de los acantilados (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

Las formaciones rocosas y la batimetría del sector sur de la bahía fuerzan al tren de ondas a ingresar con una menor velocidad de desplazamiento e incidir sobre la línea de costa en un ángulo ligeramente oblicuo por el fenómeno de refacción. El transporte de materiales sigue la dirección de flujo de la deriva litoral, que en el caso de la bahía de Miraflores tiene una componente SE-NW. El movimiento de sedimentos puede establecerse a partir de la batimetría y características del oleaje; este estaría limitado a la franja cuya profundidad permita el movimiento incipiente de sedimentos, y con mayor densidad en la zona de rompiente de olas (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995). La profundidad que permite el transporte de sedimentos fue calculado en 21 m para Chorrillos, 15 m para Magdalena del Mar, y 5 m en La Punta, presentándose el mayor movimiento a profundidades de 20 m, 5 m y 3,75 m respectivamente (Menchaca, 1972).

Estas condiciones fueron aprovechadas desde inicios de la década de 1940 para formar playas de arena a partir su inducción mediante el uso de espigones. Dichas estructuras se disponen en forma perpendicular u obliga a la línea de costa, y se benefician del sistema de corrientes paralelas para la retención de materiales finos y formación de playas de arena. Esta práctica fue aplicada inicialmente en el sector sur de la ensenada de Chorrillos. Al bloquear este flujo de sedimentos en suspensión, los espigones provocaron acumulación progresiva de arenas en la cara sur de estas estructuras, formando entre la base del acantilado y el espigón una playa con borde paralelo a los frentes de ola. Dada la disponibilidad de arenas en suspensión, los primeros sectores en desarrollar este tipo de playas fueron el Club Regatas Lima, Playa Agua Dulce y las playas del sur de Barranco. Desde 1971 el arenamiento de la Costa Verde no ha pasado de la playa Redondo en el distrito de Miraflores hacia el norte de la bahía. El volumen de arenamiento calculado para el periodo 1943-1971 fue de 711.000 m³ a lo largo de 3.750 m de costa, lo que equivale a una acumulación anual promedio de 25.000 m³; el volumen depositado por debajo del nivel del mar sobrepasaría los 60.000 m³ (Menchaca, 1972). La gradiente sur-norte en la selección de materiales, se ve reflejada en acumulaciones de playas de arena fina y media entre La Herradura y Barranco, y decrece entre la playa La Estrella en Miraflores hasta la Punta donde la pobre selección de materiales define playas de gravas y cantos rodados. No se ha establecido si la forma que muestra el litoral de la Costa Verde ha evolucionado a

una condición de equilibrio, aunque esta podría estar mas cercana en el tramo correspondiente a Chorrillos (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

5.8 *Morfología de playas*

Las playas son acumulaciones de sedimentos no consolidados que han sido transportados a la costa y modelados en forma característica por la acción de las corrientes generadas por las olas. Se presentan en regiones costeras donde hay disponibilidad de sedimentos, condiciones de relieve favorable y que presenten variaciones del nivel del mar.

5.8.1 Unidades y elementos fisiográficos

Variabilidades regionales y locales pueden determinar la predominancia o carencia de alguna de estas unidades y elementos fisiográficos. Idealmente una misma playa puede presentar las siguientes unidades y elementos (cfr. Fig. 3)

La **playa exterior** constituye la unidad que se extiende entre la zona de rompiente y el borde de la plataforma continental. La **playa interior** corresponde a la sección de playa afectada por las ondas entre la zona de rompiente y bajamar (límite inferior de la playa anterior). Al interior de esta unidad se identifican la zona de Surf (área entre la zona de rompiente y la zona de Swash) y la zona de Breaker (zona de rompiente de las ondas). La posición relativa de esta última está gobernada por la presencia de barras submarinas, puesto que en presencia de barras múltiples se presentará más de una rompiente; asimismo, es zona de convergencia entre las corrientes hacia tierra o hacia el mar. Por su parte la **playa anterior** se presenta como la sección más inclinada de playa ubicada entre los niveles de pleamar y bajamar; es propiamente la playa en sí. Dentro de ella se identifica la zona de Swash, caracterizada por el flujo de ondas de acenso y descenso (swash y backwash) sobre la cara de playa. La **playa posterior** representa la porción que se extiende tierra adentro desde del nivel máximo de acción de olas y mareas, caracterizado por un cambio de pendiente hacia una superficie más plana (berma).

La **berma** se muestra como una superficie plana en la playa posterior que solo sufre inundación durante tormentas excepcionales. Se forma a partir de la migración de una barra submarina por sobre la playa. La altura de la berma es proporcional a la altura de la onda ($\sim 1.3H_b$). Es posible que las playas presenten más de una berma o ninguna. La cresta

de la berma marca el límite entre la playa anterior y posterior. Tiende a migrar hacia el mar durante periodos de sedimentación y hacia la tierra durante periodos de erosión. Una **barra exterior** constituye un depósito linear de sedimentos submersos dispuestos a manera de un cordón paralelo a la playa, generalmente se compone por arena removida de la playa anterior por oleaje de tormentas; sobre su ubicación las ondas en aproximación tienden a romperse. El **canal** se muestra como un surco ubicado entre la barra exterior y la playa anterior. La formación del sistema barra exterior-canal se asocia a la migración de la barra sobre la playa, característicamente en playas de arena. En regiones dominadas por mareas puede presentar dos series de barras formadas durante alta y bajamar. La **terrazza de bajamar** corresponde a la porción plana de la playa expuesta durante la bajamar. En playas de micromarea esta terraza es muy angosta o está ausente. En playas de meso o macromareas esta es muy amplia y está compuesta por sedimentos más finos que los de la playa. Una **grada de la playa** puede ser identificada por ruptura de pendiente entre la playa anterior y la playa interior. Normalmente se presenta un canal en esta posición, por donde circula la deriva litoral. Está compuesto por sedimentos más gruesos que los de la playa, y se desarrollan óptimamente en playas de micro mareas. El **escarpe de playa** conforma un declive a lo largo de la playa anterior formada por la erosión. Las **cúspides** se observan sobre la playa anterior, en una alternancia de cúspides y bahías formadas a partir de las ondas marginales que se mueven paralelas a la costa. Las cúspides se muestran a manera de una punta de flecha y su separación varía de acuerdo a granulometría y energía de las olas.

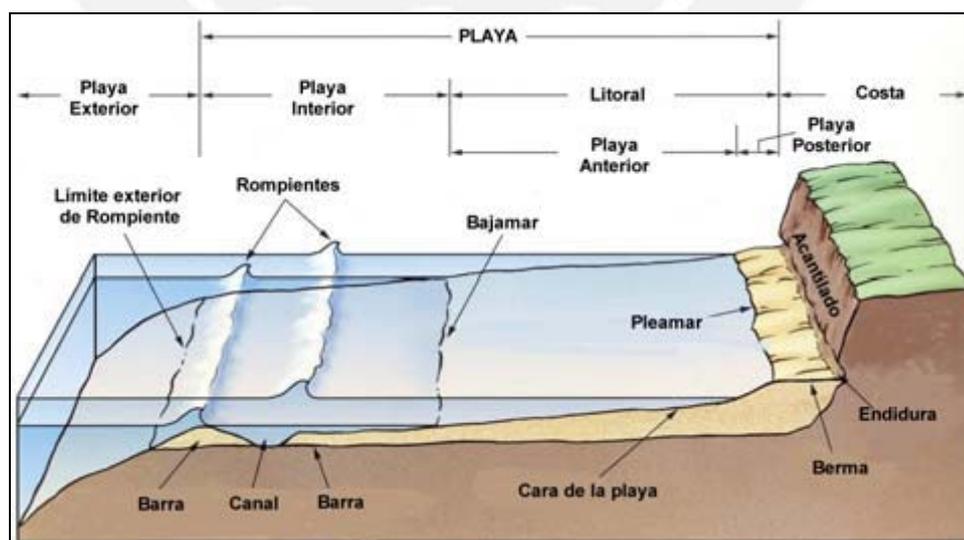


Fig. 3: Unidades y elementos fisiográficos de la playa (Modificado a partir de OCEANLINK-WEB, 2008)

5.8.2 Relación granulometría de sedimentos – pendiente de playa

La correspondencia entre la granulometría de los sedimentos y la pendiente de la playa define que playas de cantos rodados muestren pendientes muchos mayores a las playas de arena (cfr. TABLA I). En playas con grano de gran tamaño, el nivel de infiltración del agua es elevado debido a la mayor porosidad, con lo que la intensidad del flujo de retorno es mínima; estas condiciones favorecen la sedimentación de materiales en la playa. Inversamente en playas de arena fina, donde el nivel de infiltración es pobre, este refluo presentará su máxima intensidad y una mayor cantidad de sedimentos son transportados hacia el mar. Situaciones donde una napa freática superficial saturando con agua el suelo o donde la esbeltez de la onda sea elevada intervienen para que el flujo de retorno sobre la playa se presente con más intensidad.

TABLA I - Relación entre la granulometría de los materiales de la playa y la pendiente promedio de la playa (Fernando Leceta Gobitz, elaborado a partir de: (Shepard, 1973, Wentworth, 1922); (DHN - Marina de Guerra de Brasil))

CLASE TEXTURAL	DIÁMETRO (MM)	DIÁMETRO (Ø)	PENDIENTE PROMEDIO EN LA PLAYA (°)	MATERIALES
Coloides	< 0.00024	> 12.0	-	
Arcilla	0.00024 - 0.00391	12.0 - 8.0	-	Minerales de arcilla, tales como montmorillonita, illita, clorita, caolinita, etc.
Limo	0.00391 - 0.062*	8.0 - 4.0	-	Fracción fina: composición similar a la arcilla. Fracción gruesa: composición similar a la arena, gran presencia de micas.
Arena muy fina	0.062* - 0.088	4.0 - 3.5	1	Fragmentos de rocas volcánicas, de caparazón y esqueleto de organismos y minerales (cuarzo, feldespato, mica, ferro-magnesianos, etc.).
	0.088 - 0.125	3.5 - 3.0		
Arena fina	0.125 - 0.177	3.0 - 2.5	3	
	0.177 - 0.250	2.5 - 2.0		
Arena media	0.250 - 0.350	2.0 - 1.5	5	
	0.350 - 0.500	1.5 - 1.0		
Arena gruesa	0.500 - 0.710	1.0 - 0.5	7	
	0.710 - 1.000	0.5 - 0.0		
Arena muy gruesa	1.000 - 1.410	0.0 - -0.5	9	
	1.410 - 2.000	-0.5 - -1.0		
Gránulos	2.0 - 4.0	-1.0 - -2.0	11	
Gravas	4.0 - 64.0	-2.0 - -6.0	17	
Cantos rodados (guijarros)	64.0 - 256.0	-6.0 - -8.0	24	
Bolones (pedruscos)	> 256.0	< -8.0	-	

*: Límite entre clases texturales limo y arena muy fina es definido en 0.0625 (Shepard, 1973), 0.062 (Wentworth, 1922) y 0.062 (DHN - Marina de Guerra de Brasil)

5.8.3 Ciclos estacionales de la playa

Son modificaciones que muestra el perfil de playa, en respuesta la alternancia de periodos interanuales de erosión y deposición. La variabilidad en la energía descargada por las ondas, definen una playa estival y una playa invernal.

La **playa estival** se desarrolla a partir de la migración de una barra submarina por sobre la cara de la playa hasta la berma, donde la acumulación de arena produce el aumento de la altura y ancho de la berma, y el consiguiente aumento de la pendiente en la playa anterior. Este escenario se presenta generalmente bajo condiciones de olas de menor energía durante el verano, donde la esbeltez de la onda es más pequeña y el periodo de la misma es mayor. En tanto la **playa invernal** presenta en cambio una playa anterior plana, sin una berma en la parte superior y una barra submarina bien desarrollada. Su desarrollo se relaciona a periodos de erosión producidos generalmente por tormentas de invierno, donde los periodos de ondas son más cortos y la altura y esbeltez de la onda es mayor. Ello genera un movimiento estacional de la arena acumulada sobre la playa anterior hacia mar afuera, formando una o más barras submarinas paralelas a la costa en respuesta a las olas de mayor energía.

La tasa de migración de la barra submarina desde y hacia la berma es proporcional a la altura media de las olas, a la pendiente del área sumergida y a la granulometría de los sedimentos y asimismo es gobernada por la amplitud de marea que controla el nivel de acción sobre las olas.

5.9 Morfodinámica litoral

Wright & Short (1984) desarrollaron un modelo evolutivo de variabilidad espacial, basado en las características morfológicas e hidrodinámicas en la playa anterior e interior. El modelo distingue seis estadios morfodinámicos (dos extremos y cuatro intermedios) asociados a los regímenes de ondas y mareas. Los cambios morfológicos tanto en la playa anterior como en la playa interior resultan de la interacción entre las barras migratorias y las ondas con sus corrientes asociadas. A continuación se presentan estos estadios:

5.9.1 Playas disipativas

Son playas de arenas de granulometría fina, con una gran reserva de arena acumulada sobre la cara de la playa. Presentan pendientes suaves ($<3,75\%$), con un perfil de equilibrio similar al “perfil de erosión”. Sobre una amplia playa interior, las olas de tipo “en derrame” rompen total y gradualmente, disipando la energía de forma progresiva. Según el parámetro Surf para la descarga de energía por el oleaje ($E \geq 2,5$), este es el tipo de playas con la más alta energía de oleaje. Pueden contar con una o más barras paralelas y rectas a la playa. Su formación está asociada a condiciones de tormenta, caracterizada por contar con ondas altas y de esbeltez (razón altura/longitud de la onda) elevada.

5.9.2 Playas intermedias

Estadio intermedio en el que las características del tipo disipativo y reflectivo coexisten en función de las variaciones del nivel de marea. La pendiente de la playa varía entre $3,75-5,25\%$ (tendente disipativo), $5,25-6,75\%$ (intermedio), y $6,57-8,75\%$ (tendente reflectivo). El tipo de rompiente predominante es “en voluta”, mostrando una transición de condiciones de alta a baja energía de olas según el tipo de estadio intermedio; en este sentido, la descarga de energía por el oleaje varía según el parámetro Surf entre $E = 2-2,5$. Los estadios intermedios muestran una progresiva disminución del ancho del canal longitudinal por migración de la barra submarina desde la zona de rompiente hasta hacia la playa. Se muestra también una barra más o menos paralela en la playa interior, cuya morfología varía según las condiciones hidrodinámicas y la dinámica sedimentaria. Es frecuente el desarrollo de corrientes de retorno, particularmente en los estadios tendentes al reflectivo.

Intermedio: Barra y canal longitudinal (surco) - Barra rítmica y playa (de cúspides)

Ambos estadios puede desarrollarse a partir de un perfil disipativo en una secuencia deposicional. Característicamente muestran una barra y un canal paralelos a una costa recta, teniendo que la amplitud entre barra y canal es bastante mayor a la observada en un perfil de playa disipativa. Muestra una pendiente en la playa anterior algo más pronunciada que en el estado disipativo ($3,75-5,25\%$). Durante la aproximación de las ondas hacia la playa, las olas vuelven a formarse en el canal ($\sim 2-3$ m de profundidad) tras la ruptura inicial en la barra. Las olas con menor esbeltez se explayan por sobre la playa anterior, mientras que aquellas con mayor esbeltez colapsan al inicio de la playa anterior, seguido

de una rápida elevación (surge). Muestran una corriente de retorno incipiente producto del reflujo de la masa de agua. La presencia de cúspides de playa es frecuente, pudiendo alcanzar 100-300 m en las intermedias del primer tipo.

Intermedio: Barras transversales y corrientes de retorno: este estadio que típicamente forma mega-cúspides (barras transversales a la playa) debido a fuertes corrientes de retorno que concentran el reflujo del agua desde el interior de profundas bahías. Se desarrolla preferentemente en secuencias deposicionales, cuando las extremidades perpendiculares de la barra (cúspides submersas) se unen a la playa anterior. Ello resulta en una alternancia lateral de barras transversales a la playa con características disipativas.

Intermedio: Barra y surco (terrazza de bajamar): muestra una barra ubicada en la base de la playa anterior, a manera de una acumulación llana de arena expuesta durante la bajamar. Se presenta como moderadamente disipativa, aunque alterna características reflectivas durante la pleamar. Es posible identificar corrientes de retorno de baja intensidad, regularmente espaciadas y asociadas a un patrón de circulación anterior más vigoroso.

5.9.3 Playas reflectivas

Formadas por un reserva modesta de arenas gruesas, las playas reflectivas presentan pendientes elevadas ($>8,75\%$) tanto en playa anterior como en el fondo marino adyacente y con un pronunciado escalón entre las playas interior y anterior; estas últimas pueden estar ausentes debido a la elevada pendiente. El tipo de rompiente es de tipo “en colapso” o “en ondula”, la que a menudo no rompe y produce la reflexión de la onda; muestran una débil energía de oleaje según el parámetro Surf ($E \leq 2,0$). Debido a la velocidad de explayamiento de la onda por sobre la cara de la playa se forman una berma bien elevada y cúspides bien definidas de entre 15-20 m. No forma barras submarinas.

5.10 Procesos en acantilados costeros

Los acantilados costeros son escarpas que bordean la costa y separan verticalmente el nivel del mar de las tierras continentales a manera de escalón abrupto. Su origen se asocia al levantamiento tectónico de la corteza terrestre, a las vacaciones eustáticas asociadas a los periodos interglaciares o a la combinación de ambos factores.

La actividad tectónica y glaciár proporcionan la mayor influencia en el desarrollo de acantilados. El primer mecanismo expone rocas ígneas y deja en evidencia rocas sedimentarias pertenecientes a antiguos fondos marinos; mientras que el segundo proporciona grandes depósitos aluviales en las cuencas bajas y esculpe su forma tras la elevación del nivel del mar (Paskoff, 1978).

5.10.1 Procesos erosivos actuales: desmantelamiento del acantilado costero

La acción mecánica de las olas aparece como el principal agente de erosión en acantilados rocosos o gravosos. El golpe de las olas contra la pared de los acantilados tiene un efecto abrasivo sobre las zonas de fisura de la roca o sobre zonas inestables del conglomerado, produciendo hendiduras sobre estas superficies. El efecto se magnifica en acantilados rocosos, cuando el aire presente entra a las fisuras de la roca se comprime tras el golpe de la ola, para luego expandirse y debilitar la estructura. Las hendiduras tienen a dilatarse con el tiempo para transformarse cavernas sobre el frontis del acantilado. Eventualmente, el conjunto pierde estabilidad, por lo que se desprenden los bloques situados en la sección superior del acantilado, provocando el colapso de la sección y un progresivo retroceso del acantilado.

Existen otros procesos de carácter continental que intervienen igualmente, aunque en menor intensidad en el desmantelamiento del acantilado. Entre ellos se tiene a la meteorización química (por hidratación y disolución de materiales), la meteorización física (por crioclastía, haloclastía, termoclastía, o raíces), la acción hídrica (por escorrentía o cárcavas), movimientos de masa (por deslizamientos, derrumbes, desprendimientos, o caídas de piedras).

En este contexto la estabilidad de los acantilados se encuentra en relación directa con el grado de resistencia de los materiales o rocas que los conforman ante el intemperismo. El proceso de desmantelamiento del acantilado tiende a intensificarse en acantilados formados por rocas blandas y/o por materiales menos cohesionados, pues ellas ofrecen menor resistencia a las olas. Contrariamente, las rocas duras se muestran más resistentes a la acción de las olas, aunque menos resistentes la meteorización química.

La tasa de retracción estimada es de 0,1-1 m/a en acantilados formados por sedimentos terciarios, mientras que en aquellos formados a partir de sedimentos cuaternarios la tasa de retracción estimada es de 1-10 m/a.

El resultado de la retracción del acantilado es el desarrollo de una plataforma de abrasión. Esta se presenta como una superficie plana a rugosa de 1-5° pendiente, entre la base del acantilado y los niveles de mínima y máxima marea (Paskoff, 1978).

5.10.2 Clasificación de tipos de acantilados

De acuerdo con Paskoff (1978) los tipos de rompiente se clasifican como:

Acantilado ahogado: en este tipo de acantilado las olas se reflejan y no llegan a romper, por lo que la acción erosiva es mínima.

Acantilado vivo: la acción constante del oleaje sobre el acantilado induce a su desmantelamiento progresivo, a partir de las hendiduras producidas en la base y su colapso en bloques una vez que la sección pierde estabilidad. Los materiales de escombros acumulados en la base son removidos paulatinamente por acción de la corriente de deriva litoral. El balance es negativo dado el predominio de procesos erosivos de este tipo de acantilado.

Acantilado estabilizado: la acción erosiva de las olas directamente sobre el acantilado es excepcional, debido a la acumulación de materiales de escombros en la base; ellos se disponen a manera de conos de derrubios con pendientes características de entre 20-30°. La eventual disponibilidad de humedad permite el desarrollo de cobertura vegetal. Este tipo de acantilado no presenta indicios (importantes) de erosión.

Acantilado muerto: este tipo de acantilado se encuentra fuera del campo de acción de las olas, identificando una plataforma de abrasión bien desarrollada. El perfil de la plataforma tiende a mostrarse más plano y homogéneo debido al predominio de los procesos de origen continental.

6 Trasfondo geológico y geomorfológico

6.1 Rasgos estructurales

Los rasgos estructurales y morfológicos de la bahía de Miraflores se relacionan esencialmente al sistema de placas tectónicas y deriva continental, dinámica por la cual la corteza terrestre experimenta un ciclo continuo de expansión en las dorsales meso-oceánicas y valles en Rift, y requiere también su destrucción en las zonas de subducción, manteniendo así un estado de equilibrio dinámico; esta dinámica es regulada mediante un sistema de corrientes convectivas de ascenso y descenso del magma en manto terrestre, gobernado por diferencias de densidades dentro de este fluido.

En el Pacífico SE, las Placas de Nazca y Sudamericana convergen y colisionan entre sí; una porción de piso oceánico y de litósfera de la Placa de Nazca, buzan progresivamente por debajo de la Placa Sudamericana hacia el interior de la astenósfera donde se funde por completo. Conocido como subducción, este proceso se produce frente al Pacífico peruano a una velocidad de desplazamiento actual de 61 mm/a (Hampel, 2002). La subducción determina la formación de grandes conjuntos fisiográficos como la plataforma y talud continental, una fosa submarina y una llanura abisal en aquella porción sumergida, mientras en la porción continental se constituye una cadena de montañas orientada según el plano de buzamiento.

La plataforma continental frente a Lima aparece como superficie sumergida, ligeramente inclinada, y reducida; ella se extiende desde la línea de costa hasta el talud continental y alcanza frente a Lima una profundidad promedio de -150 msnm (± 50 m) y un ancho no mayor de 70 km en promedio. Desde este punto, y casi de inmediato, la superficie se torna abrupta y relativamente inclinada, mostrando un ancho aproximado de 40 km; esta porción se conoce como talud continental y separa la plataforma continental de la fosa. La Fosa Peruano-Chilena se muestra semejante a una franja de terreno relativamente estrecha, alargada y profunda, la cual frente a Lima alcanza una profundidad de ~ -5.931 msnm. Hacia la margen oeste de la fosa, la llanura abisal se extiende hacia el océano adentro, presentando un relieve relativamente homogéneo a manera de una gran planicie a una profundidad promedio de ~ -4.500 msnm (± 250 m). Sobre el continente la cordillera de los

Andes sobrepasa en promedio los 4.800 msnm en las divisorias de aguas continentales, teniendo algunos picos sobre los 5.100 msnm. Midiendo perpendicularmente a la costa, se tiene una diferencia de nivel entre el fondo de mar en la Fosa de Lima y las alturas de Ticlio (~4.800 msnm) de más de 11 km sobre una distancia de casi 300 km, o sea un declive de un ~4% (Schweigger, 1947). Igualmente el nivel de pendiente de las relativamente pequeñas cuencas hidrográficas es elevado, dado que desciende desde unos 4.800 msnm hasta el nivel del mar en solo 120 km; ello hace una pendiente 1:25, en la que predomina el transporte de materiales a manera de carga de fondo (Le Roux et al. , 2000).

Estructuralmente la Costa Verde se ubica en una zona transicional de la plataforma continental que emerge del mar, caracterizada por bloques rocosos fallados (Morro Solar, Islas Frontón y San Lorenzo) y bloques hundidos, rellenos por las acumulaciones del río Rímac, y procesos de acumulación marina y desgaste (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995). A raíz de la tensión experimentada entre ambas placas durante el proceso de subducción, la plataforma continental tiende a fracturarse y a hundirse en grandes bloques. Algunos bloques se mantienen aún levantados como el cerro Morro Solar, las puntas entre La Chira-La Herradura-Salto del Fraile, las islas San Lorenzo y El Frontón y los islotes Horadada. Estas luego de ser erosionadas y falladas han servido de base para la acumulación de material aluvial traído por las corrientes del Rímac y el Chillón. Dentro de este contexto el Anticlinal de Lima aparece también como otro subproducto de la compresión de las placas durante la orogénesis de los Andes; este yace por debajo de la planicie costera en dirección NNW desde el Morro Solar, teniendo un ancho aproximado de 25 km; en sus flancos sudoeste y noreste buza 20° y 35° respectivamente (Le Roux et al. , 2000). Estructuralmente desempeña un rol muy importante en el desarrollo de abanico aluvial, en tanto condicionó la dirección de flujo de ambos ríos, consecuente con la depositación de sus materiales de carga.

6.2 Conjuntos geomorfológicos

6.2.1 Espolones costeros

Se le ubica en el extremo sur de la bahía, entre el conjunto de afloramientos rocosos Cerro Morro Solar, Cerro La Chira y Cerro La Virgen (Salto del Fraile) (cfr. Fig. 4 y TABLA II).

Este conjunto pertenece estructural y mineralógicamente a la Cordillera de la Costa, formada durante el Cretáceo inferior y orogénicamente anterior a Cordillera de Andes; principalmente la componen depósitos marinos cretácicos, pertenecientes al Grupo Puente Piedra y al Grupo Morro Solar (Le Roux et al. , 2000). Si bien la Cordillera de la Costa permanece actualmente sumergida en la mayor parte de la costa central peruana entre Bayóvar y Pisco; sin embargo, el conjunto atraviesa un proceso de levantamiento tectónico asociado a la actividad magmática que dio lugar al Batolito Costero, respectivamente a la formación de la cordillera de los Andes.

En este contexto el desmantelamiento de este conjunto se asocia su exposición a la erosión marina por la acción directa, tangencial o sub-superficial del oleaje y corrientes marinas. El desmantelamiento se relaciona a la composición mineralógica del conjunto y se ve acelerado por la hidratación con salinización del ambiente, socavamiento marino, así como por el corte de la carretera La Chira – Villa (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

El cerro Morro Solar (~300 msnm) aparece como el afloramiento rocoso más importante y estructuralmente más estable, en él se advierte actualmente el fracturamiento, callamiento y plegamiento de todo el conjunto. Entre las puntas La Chira-La Herradura, el conjunto se presenta estructuralmente menos estable, destacando fracturamientos y desprendimientos de rocas en bloques calcáreos y cuarcíticos desde su acantilado rocoso. El sector norte, punta Salto del Fraile-Club Regatas Lima, se muestra en cambio relativamente estable, pero con hundimientos y derrumbes de materiales fino arcillosos (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

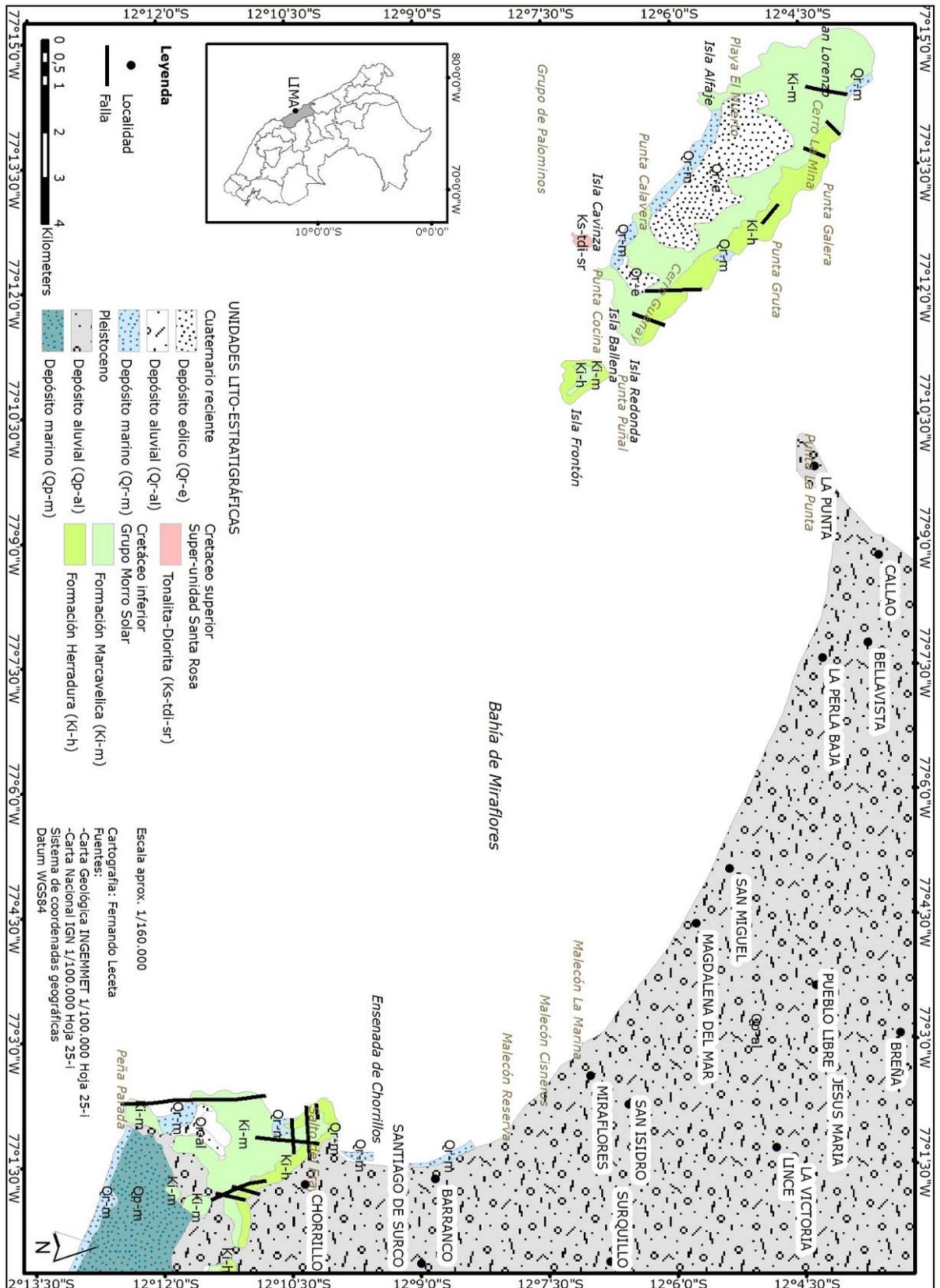


Fig. 4: Mapa geológico de la bahía de Miraflores. Cartografía: Fernando Leceta Gobitz. Elaborado a partir de: (DHN, 1998, DHN 2000, INGEMMET-WEB, 2008, MED-WEB, 2008)

TABLA II - Síntesis de las unidades litoestratigráficas en la bahía de Miraflores (Fernando Leceta Gobitz, elaborado a partir de: (Consultoría Carranza, 2001, Palacios Moncayo, 1992))

SISTEMA	SERIE	UNIDAD	MATERIALES	AGENTE MODELADOR	GEOFORMA	UBICACIÓN
Cuaternario	Reciente	Depósitos marinos	Acumulación marina en bancos de arenas y gravas	Inducción mediante espigones / retroceso marino	Playas de arena y grava / Playa de arena	Miraflores - Club Regatas Lima / La Herradura - La Chira
	Reciente	Depósitos aluviales	Acumulación fluvial en bancos, canales y lechos rellenados de cantos rodados, gravas y arenas	Desplazamiento desembocadura del Rímac de S-N (Conchán-Callao)	Planicie aluvial, acantilados gravosos y fondo marino adyacente	Chorrillos - Callao
Cretáceo	Inferior	Grupo Morro Solar: Formación Marcavilca	Areniscas y cuarcitas en estratificación fina	Intemperismo y socavamiento marino	Acantilados marino	Salto del Fraile Morro Solar
		Grupo Morro Solar: Formación Herradura	Lutitas oscuras, areniscas, calizas y cuarcitas de dureza y fracturamiento diferencial	Intemperismo y socavamiento marino	Acantilados marino	Salto del Fraile Morro Solar (Base) La Herradura - La Chira

6.2.2 Abanico aluvial de los ríos Rímac y Chillón:

También llamado llanura de inundación o cono de deyección, el abanico aluvial del Rímac-Chillón es básicamente una planicie ligeramente inclinada hacia al mar sobre la que se desarrolla la planicie urbana de Lima y el Callao. Se extiende desde el piedemonte los Andes al este de Lima en Chosica, hasta el Pacífico donde termina en forma de un acantilado entre Chorrillos y Magdalena y muestra en las playas del Callao y Conchán sus extremos norte y sur; su pendiente es suave, en promedio 1° en sentido oeste y 2-3° en sentido sudoeste entre el Callao y Chorrillos (Le Roux et al. , 2000).

Se trata de una acumulación de sedimentos deltáicos de gran potencia, dispuesta a manera de estratos horizontales de bancos, canales y lechos rellenados. Estos materiales son producto de la denudación del flanco occidental de los andes centrales (Batolito Costero Circunpacífico) durante el Cuaternario. Luego de haber sido intemperizados física y químicamente fueron desagregados y llevados río abajo con dirección hacia al mar por torrentes y ríos de las cuencas del ríos Rímac y Chillón; cuando estos llegaban al llano ubicado al pie de los Andes perdían su fuerza y su capacidad de transporte, depositando su carga a manera de sedimentos desgastados en el largo recorrido (Alayza, 2005), constituyendo los coalescentes abanicos aluviales del Rímac y Chillón. En este sentido, sus clastos reflejan la composición mineralógica de la Cordillera de los Andes: por un lado dioritas, granodioritas, granitos y gabros pertenecientes al Batolito Costero del Cretáceo tardío, junto con rocas volcánicas y piroclásticas mesozoicas y cenozoicas (Le Roux et al. , 2000).

Los trabajos de investigación previos (Arce, 1984, Karakouzian et al. , 1996, Lisson, 1907) plantean un desplazamiento progresivo de las desembocaduras del Rímac y Chillón de sur a norte, desde Conchán a su actual desembocadura en el Callao y desde Magdalena al Callao, en respuesta a la combinación de factores tectónicos, climáticos y eustáticos.

El siguiente texto sintetiza la cronología de eventos en la formación del abanico aluvial del Rímac-Chillón propuesta por Le Roux et al. (2000) (cfr. TABLA III).

- Los paleo-ríos Rímac y Chillón erosionaron profundos valles al sudeste y este de sus actuales cursos sobre la planicie costera durante el estadio eustático de -50 msnm (Mioceno tardío: 10-5,3 Ma); un levantamiento tectónico de al menos 485 m asociado a la migración de la Dorsal de Nazca, explica la correspondencia estratigráfica entre el nivel eustático del mioceno tardío y el del basamento erosionado.
- El Anticlinal de Lima bloquea el acceso directo del Rímac al mar, haciéndolo cerca del Morro Solar; el Chillón fluye en paralelo al anticlinal, fusionándose con el distributario norte del Rímac cerca al Centro de Lima, y desembocando en Magdalena.
- La migración al sudeste de la dorsal de Nazca permite la subsidencia en la costa, coincidiendo con un periodo de transgresión marina (1,7 Ma); la resultante transgresión marina deposita materiales finos de origen estuarino, constituyendo la unidad basal y rellenando los paleo-valles del Rímac y Chillón.
- Un descenso relativo del nivel del mar (1.3-0.62 Ma) permite la depositación del Conglomerado de Lima sin influencia marina, básicamente es una sucesión de conglomerados gruesos con menor contenido en areniscas y tilitas. Así- mismo, el Rímac abandona su antiguo cauce principal en el extremo sudeste del abanico aluvial.
- La liberación del agua de ablación y los detritos glaciares durante los estadios interglaciares cálidos del cuaternario, resulta en la depositación de gravas gruesas en los coalescentes abanicos aluviales del Rímac y Chillón correspondientes al Conglomerado de Lima.
- El Anticlinal de Lima se rellena paulatinamente con sedimentos, disminuyendo su influencia en el patrón de drenaje, con ello los cursos de agua migran libremente;

basculamientos de origen tectónico al oeste aceleran estos procesos, definiendo los actuales cursos del Rímac y Chillón.

TABLA III - Descripción del conjunto de unidades estratigráficas que conforman el Grupo Rímac, respectivamente el abanico aluvial del Rímac-Chillón (Fernando Leceta Gobitz, elaborado a partir de: (Arce, 1984, Karakouzian et al. , 1996, Le Roux et al. , 2000, Lisson, 1907)).

PERIODO / ÉPOCA	UNIDAD LITO-ESTRATIGRÁFICA	TIPO DE DEPOSITOS	MATERIALES	ESPESOR / POTENCIA	UBICACIÓN / EXTENSIÓN
Pleistoceno	Unidad Superior de Esquistos	Lacustres	Grano fino: areniscas, limonitas y arcillas	Al menos 16m	Depresiones semi aisladas de La Molina y Chorrillos de abanico aluvial
	Conglomerado de Lima	Aluviales	Conglomerados: 29% extremo sur, 75-100% sectores centro y norte; contenido restante en areniscas y arcillas	Mayor a 86m	Abanicos aluviales del Rímac y Chillón
	Unidad Basal	Principalmente estuarinos	Grano fino: areniscas, limonitas y arcillas	Mayor a 37m – Hasta 400m	Abanicos aluviales del Rímac y Chillón

6.2.3 Acantilado costero

Típicamente el cono de deyección del Rímac presenta un acantilado costero a lo largo del frente de la ciudad producto de la erosión y avance marino durante Holoceno. Entre Chorrillos y Magdalena la sección termina en forma abrupta y casi vertical (~40-50 msnm), alcanzado una altura máxima de ~85 msnm en el malecón de la Marina; decrece hacia los extremos del abanico, desapareciendo en la playa Conchán al sur del mismo; por el norte, entre el colegio Leoncio Prado y La Mar Brava, es un pequeño escarpe de 5-15 m y desde este punto hasta las playas de La Punta no supera los 5 msnm

Esta área costera acantilada se forma a partir de la erosión del cono de deyección de la cuenca baja de los ríos Rímac y Chillón debido a la erosión y remoción de material por el oleaje. Hoy en día el proceso de desmantelamiento del acantilado costero por avance marino está detenido, debido de formación de playas mediante espigones que controlan la dinámica de corrientes marinas y olas y por acumulación de materiales de relleno en la base del acantilado; en este sentido, la línea de costa se encuentra actualmente en pleno desarrollo, inducido antrópicamente.

La formación del acantilado costero se inicia al elevarse el nivel de mar, una vez concluido el último periodo glacial hace ~11.000 años. Una vez que el mar elevó su nivel medio, este invadió los bordes externos del abanico, erosionando su perfil convexo para dar origen a la bahía de Lima; a manera de una gran incisión sobre el abanico, este ofrece un perfil a cielo

abierto en el que pueden observarse los distintos horizontes de materiales depositados en superposición (Alayza, 2005).

Particularmente entre la Playa Los Delfines y Av. Salaverry pueden identificarse desde la base del acantilado cuatro unidades, en las que cíclicamente capas de materiales gruesos son sucedidas por capas de materiales finos; similares unidades entre 5-18 m, también pueden ser identificados en otras secciones del acantilado (Le Roux et al. , 2000).

En este sentido, la sucesión y recurrencia de unidades que conforman el Conglomerado de Lima es una expresión local de las variaciones climáticas y eustáticos durante el Cuaternario; a este conjunto/fenómeno se le conoce como los Ciclos de Lima.

Periodos climáticos cálidos (estadios interglaciares), respectivamente con el calentamiento del clima que puso término a la última glaciación, enormes volúmenes de hielo acumulados en el extensísimo glaciar andino se disolvieron y fluyeron por la cuenca, erosionando, transportando y sedimentado en una medida que ahora nos parece difícil de imaginar; en sus puntos más profundos esta supera en espesor los 500 metros (Alayza, 2005). Por su parte, niveles eustáticos bajos son generalmente correlacionados con extensas glaciaciones, ellas encerrarán los detritos glaciares dentro las capas de hielo cordilleranas. Sin embargo, al inicio de los estadios interglaciares, la liberación del agua de ablación reprocessa los materiales de morrena permitiendo un avance hacia el mar del abanico aluvial previo a un asenso substancial del nivel del mar (Le Roux et al. , 2000).

Basado en las curvas isotópicas de oxígeno propuestos por Le Roux et al. (2000), los ciclos N°1 del Conglomerado de Lima correspondería a los niveles eustáticos bajos ocurrido hacia 0,62 Ma (estadio 16), mientras que el ciclo N°3 a los niveles eustáticos 0,35 Ma (estadio10) y 0,27 Ma (estadio 08) indistintamente (Haddad et al. , 1993, Le Roux et al. , 2000); los ciclos N°2 y N°4 pueden ser tentativamente correlacionados a los niveles eustáticos de 0,46 Ma (estadio 12) y 0,15 Ma (estadio 6).

6.2.4 Taludes y carbonato de calcio

Sobre la cara del acantilado y sobre la plataforma litoral es posible identificar una capa de carbonato de calcio conocida como capa de travertino, la cual tiene ~10-15 m de altura

desde la base del acantilado. Se trata de depósitos de carbonato de calcio disueltos en agua, producto del afloramiento de aguas subterráneas sobre la tierra húmeda y la vegetación asociada a ella; ellos son evidencia el nivel freático actual y pasado del río Rímac. En Magdalena del Mar el travertino no existe debido a la erosión y desgaste marino del acantilado. Entre San Isidro y Miraflores el travertino se muestra hoy seco, y presenta esporádicos carrizos y enredaderas mejoradas mediante el sistema de riego por goteo. Entre Miraflores y Chorrillos el travertino se presenta más húmedo, con presencia de cobertura vegetal arbórea, carrizos pastos, enredaderas; el proceso de desecación se hace más lento en Chorrillos, dado que el Morro Solar represa el flujo subterráneo al mar. Esta franja húmeda atraviesa actualmente un proceso de desecación por el descenso del nivel freático hasta casi el nivel de la base del acantilado. El descenso es asociado a la sobreexplotación del agua subterránea en Lima, avanzando desde Magdalena del Mar hacia Chorrillos. Por sobre los 10-15 m de altura, el acantilado está desprovisto de todo tipo de cobertura vegetal, estando expuesto a la erosión eólica y a los derrumbes (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

Entre Magdalena del Mar y San Miguel el talud se presenta como un frente inestable por la presencia de clastos, expuestos al socavamiento marino y eólico, a las vibraciones sísmicas y a los temblores producto del transporte motorizado pesado; produce derrumbes y escombros. Entre San Isidro y Chorrillos este se haya expuesto a la acción de los vientos y acción del hombre. En ambos sectores, el proceso de estabilización de taludes se lleva a cabo mediante fundaciones de estabilización (obras de ingeniería civil) y forestación (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

7 Metodología

7.1 Diagrama de trabajo

El siguiente esquema muestra a manera de síntesis las instancias de trabajo desarrolladas durante el proceso de investigación (cfr. Fig. 5). Las mismas serán desarrolladas en detalle a continuación.

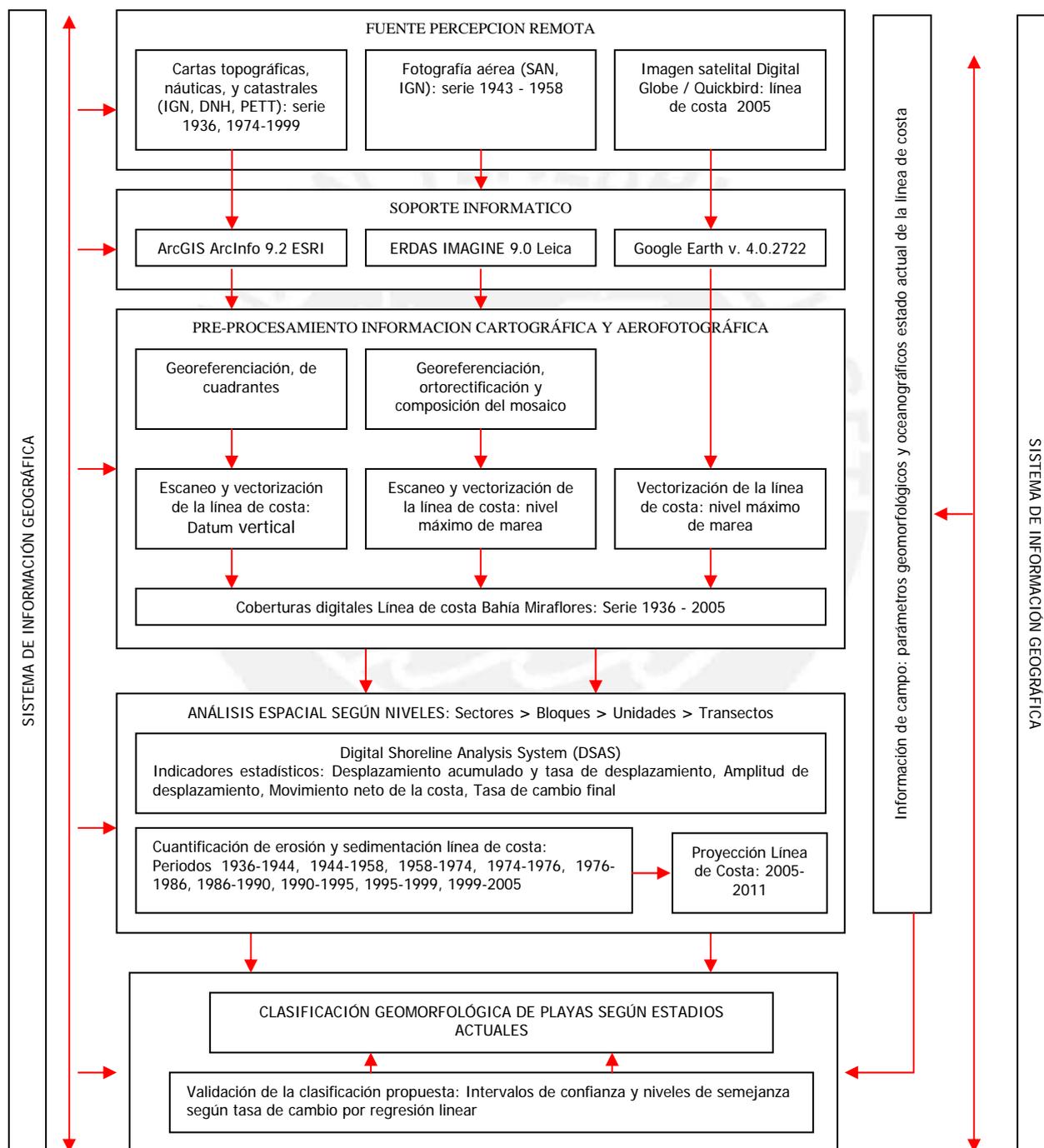


Fig. 5: Diagrama de trabajo (Elaboración de Fernando Leceta Gobitz).

7.2 Plataforma de aplicación: sistema digital para análisis de línea de costa

Desarrollada por de la oficina Programa de Geología Costera y Marina del Servicio Geológico EUA, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) v.3.2 es una extensión integrada al software ESRI ArcGIS© 9.x ESRI, la cual permite calcular estadísticamente las tasas de cambio históricas experimentadas en una línea de costa desde múltiples posiciones de referencia (Thieler et al. , 2005). Si bien la aplicación del software está principalmente orientada a calcular las variaciones temporales de líneas de costa en playas naturales, su aplicación es factible a cualquier fenómeno linealmente representable como por ejemplo límites frontales de glaciares, orillas de lagos, bordes de ríos, etc. El análisis se realiza a partir de una comparación geométrica de al menos dos coberturas digitales (atributo línea) que representan la línea de costa en los momentos “A” y “B”, las cuales son divididas a intervalos constantes definidos por el usuario. DSAS precisa las tasas de erosión/sedimentación a partir de la distancia medida entre la intersección de estas líneas de costa, con los “N” transectos ortogonales a ellas.

La data mínima requerida por el software para realizar el análisis está compuesta por tres elementos: Línea de Costa, Línea de Base, y Transectos. Esta información es almacenada en formato vector de ESRI y gestionada por el software en una GeoDatabase desde la plataforma ESRI ArcGIS© 9.x.

7.2.1 Línea de costa:

Esta cobertura agrupa los vectores que representan la línea de costa para cada uno de los periodos con recubrimiento cartográfico, aerofotográfico o satelital.

7.2.2 Línea de base:

Vector que sirve como punto de inicio para los transectos que serán proyectados en forma perpendicularmente a esta. Se la ubica en forma paralela a una línea de costa de referencia, ya sea tierra o mar dentro respecto a la misma. Es posible elaborarla como más de un segmento, tomando distintos años de referencia. Igualmente, es necesario fijar una dirección de flujo común a todos los segmentos, de modo tal que los transectos proyectados se enumeren según este sentido.

7.2.3 Transectos:

Son proyecciones perpendiculares a la línea de base, distribuidas a lo largo de la misma a intervalos constantes que son definidos por el usuario. El Programa los utiliza para el cálculo de las variaciones de la línea de costa, a partir de las intersecciones de estos con cada una de los registros de línea de costa. Las estadísticas de los resultados son almacenadas en la tabla de atributos asociada a cada registro del vector. La longitud asignada para cada transecto debe garantizar que cada uno de ellos interseccione todas los vectores de la línea de costa.

7.3 Fuentes de coberturas digitales de línea de costa: serie histórica de la línea de costa

7.3.1 Cartografía IGN, DNH, y PETT

Las representaciones de la línea de costa a lo largo del tiempo se obtienen a partir de las cartas topográficas, náuticas y catastrales elaboradas por las siguientes instituciones: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Dirección de Hidrografía y Navegación (DNH) – Marina de Guerra Perú, y PETT – Ministerio Agricultura Perú (cfr. TABLA IV). Cada uno de estos productos abarca entre 1 y 15 cartas, dependiendo de la escala. La serie temporal 1936-1999, hace referencia al año del levantamiento aerofotográfico, levantamiento de campo, o actualización de data de campo según sea el caso. Cada carta es pasada por el escáner para obtener su imagen a una resolución de 400 puntos por pulgada (ppp), almacenada en formato de imagen TIFF. Mediante el software ArcGIS ArcInfo 9.2 ESRI, se le otorgó referencia espacial a cada una de estos archivos, según el sistema de coordenadas y Datum especificado en la “información marginal” de cada carta. Este paso permite empezar la vectorización de la línea de costa en la escala de origen.

Las coberturas digitales, que representan la línea de costa en los distintos años, deben presentar el mismo sistema de coordenadas y Datum (sistema de coordenadas métricas UTM y el Datum WGS84). Debido a que estas referencias varían en las cartas topográficas, náuticas y catastrales originales, se hizo necesaria su estandarización a un único sistema de coordenadas y datum.

TABLA IV - Especificaciones serie cartográfica (Elaboración Fernando Leceta Gobitz).

TÍTULO	AUTOR	ESCALA	AÑO FOTOGRAFÍA - LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	ACTUALIZACIÓN / EDICIÓN	DATUM	HOJA O CUADRANTE
Plano de Lima Metropolitana 5.000	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	1/5.000	1998-1999	2003 / -	WGS-84	24a, 24b, 24c, 24d, 25d, 25e, 25f, 26f, 26g, 27f, 27g, 28f, 28g, 29f, 29g
Carta Náutica 25.000 y 10.000	Dirección de Hidrografía y Navegación - Perú	1/25.000 y 1/10.000	1995 y 1995	1998 / - 1999 / 3ra. 2000	WGS-84 y WGS-84	2236 y 2237
Plano de Lima Metropolitana 10.000	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	1/10.000	1990	1992 / -	PSAD-56	22, 23, 24, 34, 35, 45, 55
Plano de Lima Metropolitana 5.000	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	1/5.000	1986	1992 / -	PSAD-56	24b, 24c, 24d, 25e, 25f, 26f, 26g, 27f, 27g, 28f, 29f
Plano de Lima Metropolitana 5.000	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1/5.000	1961-1963	- / 1ra.1979	PSAD-56	24b, 24c, 24d, 25e, 25f, 26f, 26g, 27f, 27g, 28f, 29f
Plano Catastral 10.000	PETT - Ministerio Agricultura Perú	1/10.000	1974	1974	PSAD-56	18, 19, 11, 12, 3, 7, 4
Plancheta Lima 20.000	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1/20.000	1936, 1936, 1936	1966 / 6ta.1974, 1953 / 4ta.1959, - / 1ra.1938		4-h, 5-h, 6-i, 6-j

7.3.2 Fotografía aérea SAN

La disponibilidad de fotografías aéreas para el área de estudio es bastante amplia en cuanto su resolución espacial y temporal y calidad de imagen. Sin embargo, se optó por trabajar sólo con aquellas series temporales en las que hay un vacío en recubrimiento cartográfico o la calidad de la misma es muy pobre. Las series aerofotográfica 1943-1944 (1/5.000) y 1958-1960 (1/10.000) fueron las seleccionadas, abarcando un periodo de 17 años (cfr. TABLA V). Los positivos en papel de los fotogramas fueron obtenidos del Servicio Aerofotográfico Nacional del Perú (SAN), institución que desarrolló este proyecto aerofotográfico.

Fue necesario escanear los fotogramas a una resolución 2400 ppp para alcanzar la máxima precisión posible en el análisis. ERDAS IMAGINE® 9.0 fue el software utilizado para la georeferenciación, ortorectificación y composición del mosaico del área de estudio. La georeferenciación de fotografías aéreas SAN y la composición del mosaico de imágenes requieren la identificación de al menos cuatro puntos de control por cada escena utilizada; para tal fin se utilizaron 241 puntos de control de todas las escenas, cuyas coordenadas en los ejes X, Y, Z son conocidas, e identificables tanto en ambas series aerofotográficas SAN, como en la imagen Digital Globe 2005, y la cartografía IGN 1/5.000. En la selección se priorizaron los puntos de la red geodésica IGN, así como aquellas estructuras

identificables sobre el abanico aluvial, y en tercer termino elementos de los conjuntos geomorfológicos. Igualmente, se les asignó el sistema de coordenadas métricas UTM y el Datum WGS84 como parámetros de ingreso.

Los fotogramas fueron ortorectificados, usando un Modelo Digital de Elevación (MDE) elaborado a partir de la Carta Nacional IGN 1/100.000, y las cotas altitudinales de la cartografía IGN 1/5.000. La información de reporte de cámara no estuvo disponible. Con excepción del extremo sur de la bahía, el área de estudio muestra una planicie costera sin cambios abruptos en la topografía; las mayores distorsiones geométricas correspondan a los acantilados rocosos, donde no se presentaba playas por lo que la cuantificación no se realizó.

Realizada la georeferenciación de las fotografías áreas, la vectorización de la línea de costa se realizó desde el software ArcGIS ArcInfo 9.2 ESRI. La línea de costa fue digitalizada desde el mosaico de imágenes mediante un proceso no automatizado, almacenando los arcos en formato vector de ESRI para su posterior análisis.

TABLA V - Especificaciones serie recubrimiento aerofotográfico (Elaboración Fernando Leceta Gobitz).

NOMBRE DEL PROYECTO	AUTOR	ESCALA APROXIMADA	ALTURA DEL VUELO	FECHA	ESCENAS
Proyecto N° 340	Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN)	1/5,000	2,500 pies	Dic.1943 - Mar.1944	115, 105, 94, 82, 68, 53, 36, 18, 1, 1771, 725, 1798, 782, 837, 886, 946, 840, 785, 728, 685, 2416, 1020, 985, 620, 949, 296, 523, 262, 260, 258, 256, 254, 285, 283, 281, 310, 308, 306, 273
Proyecto N° 64-60-A-9	Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN)	1/10,000	5,000 pies	1958 - 1963	5, 17, 21, 1927, 1929, 114, 150, 152, 193, 204, 256, 258, 260, 200, 504, 719

7.3.3 Imagen satelital Digital Globe-Google Earth™

La versión libre del software GOOGLE EARTH™ 4.0.2722, fue usada como herramienta para los procesos de captura y digitalización de la línea de costa más reciente. Este software ofrece coberturas Digital Globe (Imágenes Satelitales QuickBird) para el área de estudio con una resolución espacial de 2.4 metros, correspondientes al año 2005. Google Earth brinda, así mismo, la posibilidad realizar el proceso de vectorización de la línea de costa sobre sus imágenes en formato vector de Google Earth (KML), las que luego pueden ser exportadas a formato vector ESRI (Shapefile) mediante el ArcScript “kml2shp” desarrollado por Maxim Dubinin (ESRI-WEB, 2008). Además de servir al análisis

estadístico, las coberturas Digital Globe complementan el examen al evaluar cambios morfológicos y estructurales observados desde el mosaico de fotografías aéreas.

7.4 Identificación y elección de la línea de costa

Diferentes ambientes costeros ofrecen particulares formas de reconocer la línea de costa, como por ejemplo, la línea de vegetación, el pie de dunas litorales o la línea de máxima marea (Thieler & Danforth, 1994). La elección de un criterio único para la identificación de la línea de costa desde de las fuentes aerofotográficas y satelitales se convierte en un requisito para una adecuada representación temporal de la línea de costa, pertinentemente para un análisis exitoso.

7.4.1 Nivel medio de marea

El nivel medio de marea, representado por el punto de contacto entre el mar y la superficie terrestre fue elegido como el indicador principal de la modificación de la línea de costa. La costa peruana se desarrolla dentro de un ambiente de micro-mareas, en la que su rango de 0-2 m no cambia significativamente de localización entre el curso de un ciclo de marea diario o mensual (Rogers et al. , 2004). Este criterio fue empleado por fotointérpretes y topógrafos del IGN para el levantamiento de las cartas topográficas, náuticas y catastrales arriba mencionadas (Instituto Geográfico Nacional Perú, 2005a, Instituto Geográfico Nacional Perú, 2005b). Así mismo otras instituciones encargadas de la elaboración de la elaboración de cartografía en el Perú emplearon el nivel medio de marea (PETT, 1974) y el nivel máximo de marea (DNH, 1995) para definir la línea de costa.

Si bien otros estudios de variabilidad temporal de línea de costa en el Perú como el realizado por León & Tavares Correa (2003) emplean el nivel máximo de marea para representar la línea de costa, las señales utilizadas para su identificación son comunes en muchos casos.

Según Daniels et al. (1998) las principales señales utilizadas para identificar el nivel medio de marea son las siguientes:

- Está localizada en la margen continental de la franja de arenas que no presentan asperezas y humedecidas por oleaje reciente.
- Está localizada en la margen continental de la línea de rompiente de olas.

- Está localizada en la margen marítima de la franja de arenas (secas) susceptibles de ser transportadas eólicamente.
- Está localizada en la margen marítima de la línea de materiales flotantes (algas marinas y maderas) depositados y traídos por la deriva litoral.
- Está localizada en la margen marítima de la línea de vegetación, de darse el caso que exista vegetación en el área de playa.
- En aguas no afectadas por la marea, la línea de costa estará determinada por el contacto del nivel del agua con tierra firme.

7.5 Variabilidad horizontal del nivel de marea: margen de error estimado

Las principales distorsiones en el proceso de digitalización de la línea de costa, se producen en ambientes donde los ciclos de marea (semi-diurnos, diurnos, mensuales, o históricos) tienen especial influencia sobre la posición relativa del nivel horizontal de marea sobre la playa. Los desplazamientos horizontales del nivel de marea son proporcionales a la pendiente de la playa, por lo que alcanzan amplitudes máximas en playas de arena y de suave pendiente, en oposición a playas de cantos rodados y de pendiente elevada. Adicionalmente, las escenas de cada proyecto aerofotográfico y/o satelital pueden presentar distintos momentos de captura; este desfase temporal puede variar desde unos cuantos segundos entre escena y escena, hasta varios meses o años, lo que genera una discontinuidad espacial del nivel de marea actual observada en escenas adyacentes.

En tanto el nivel medio de marea podría situarse indistintamente entre los márgenes de la playa anterior, el cálculo de la amplitud horizontal de marea permite conocer el margen de error estimado durante la digitalización de la línea de costa. Este parámetro se obtiene combinando las mediciones de los perfiles de playa, con datos de la amplitud vertical de marea: el nivel de marea actual en el registro de campo, es asociado según la hora de la medición al nivel de marea real indicado en la tabla de mareas. La proyección de los valores máximo y mínimo de la amplitud vertical de marea sobre el perfil de playa, permite conocer también los valores máximo y mínimo de la amplitud horizontal de marea. El margen de error estimado representa la mitad de la amplitud horizontal de marea, dado que el nivel medio de marea dista como máximo a media longitud de ella.

El régimen de mareas en el Puerto del Callao es semi-diurno. Este alcanza una amplitud máxima de 1,20 m, una amplitud media de 0,70 m y amplitud de sicigias de 0,94 m. El promedio de bajamares sicigias se encuentra a 0,58 m por debajo del nivel medio del mar, en tanto que las velocidades de las corrientes debido a la marea son inferiores a 0,2 m/s (Dirección de Hidrografía y Navegación, 1995). La amplitud de marea histórica fue estimada astronómicamente en 1,7 m (mínimo -0,3 m, máximo 1,4 m) por el software WXtide32© v. 4.7. Este último valor fue utilizado para el cálculo de la variabilidad horizontal de marea para el conjunto de playas de la ensenada Chorrillos (cfr. TABLA VI).

Dada la morfología análoga entre el conjunto de playas ubicadas al norte de La Pampilla Sur y las playas Makaha, Waikiki y La Pampilla Sur, el margen de error estimado para las primeras se estimó usando el promedio de estas tres. Aplicando el mismo criterio, las playas La Chira y La Herradura comparten el mismo margen de error estimado que el promediado por las playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas

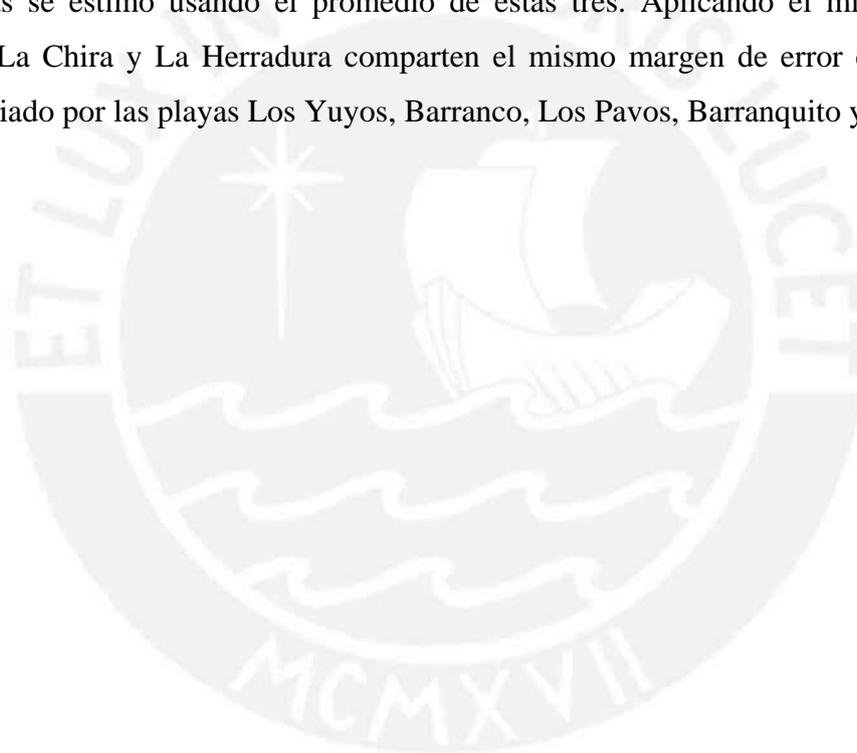


TABLA VI - Variabilidad horizontal del nivel de marea y margen de error estimado para conjunto de playas de la ensenada de Chorrillos (Elaboración de Fernando Leceta Gobitz).

PLAYA	PERFIL DE PLAYA	PENDIENTE (°)	AHM (m)	MEE (m)
Pescadores	centro	2,40	39,62	19,81
	sur	3,14	30,42	15,21
Agua Dulce	centro	1,94	33,07	16,54
	norte	1,23	31,95	15,98
Las Sombrillas	sur	2,33	34,46	17,23
	norte	1,79	41,47	20,74
Los Yuyos	sur	7,38	12,58	6,29
	norte	2,61	28,96	14,48
Barranco - Los Pavos	sur	-	-	-
	norte	-	-	-
Barranquito - Las Cascadas	sur	5,78	16,85	8,42
	norte	3,87	24,49	12,25
Piedritas	sur	5,75	9,67	4,84
	norte	7,73	8,83	4,42
La Estrella	sur	9,50	9,61	4,80
	norte	9,62	9,02	4,51
Redondo	sur	10,97	7,72	3,86
	norte	8,78	9,62	4,81
Makaha	sur	11,09	7,73	3,86
	norte	13,29	6,80	3,40
Waikiki	sur	7,42	12,72	6,36
	norte	12,14	6,17	3,08
La Pampilla Sur	sur	5,19	17,42	8,71
	norte	12,77	6,52	3,26

Pendiente expresada en ° de h/l, AHM: Amplitud horizontal de marea (m), MEE: Margen de error estimado (m)

7.6 Cuantificación del cambio de la línea de costa

El estado actual de la línea de costa en la bahía de Miraflores es heterogéneo en cuanto a la morfodinámica y origen de sus playas, pues ellas son el resultado de procesos naturales y antrópicas. Ello plantea la necesidad de abordar la cuantificación de la línea de costa, desde un enfoque que considere a la bahía como un sistema compuesto por un continuo de unidades heterogéneas. DSAS es un software diseñado principalmente a la cuantificación de línea de costa en playas naturales, por ello, su aplicación se orientó siguiendo cuatro niveles de análisis espacial: sectores, bloques, unidades y transectos.

7.6.1 Niveles de análisis espacial

Sectores: reúne a la totalidad de playas naturales y/o artificiales, agrupadas según rasgos geomorfológicos y estadísticos comunes

Bloques: agrupa, igualmente, unidades de análisis con características geomorfológicas semejantes; difiere del nivel anterior al agrupar solo aquellas unidades que presenten continuidad espacial y valores estadísticos similares

Unidades: la playa es la unidad básica de análisis, generalmente delimitada por una estructura costera o geoforma importante muestra características morfológicas plenamente identificables a lo largo de toda la playa

Transectos: elemento mínimo utilizado para evaluar las variaciones espacio-temporales dentro de la playa.

7.6.2 Aproximaciones al análisis: indicadores estadísticos de cambio

Es importante señalar que en condiciones naturales, la bahía de Miraflores no forma playas de arena. De ahí que sea necesaria realizar una distinción entre los tipos de playas: a.) playas naturales: playas naturales de arena sin intervención antrópica alguna, b.) playas inducidas: playas de arenas formadas a partir de su inducción mediante espigones y c.) playas artificiales: áreas de playa desarrolladas mediante incorporación de materiales en la base del acantilado a manera de Terraplén.

7.6.2.1 Desplazamiento acumulado y tasa de desplazamiento

Esta aproximación describe el comportamiento de la línea de costa usando sus celeridades y distancias de desplazamiento como punto de partida para el análisis. La instancia aborda solamente el nivel de análisis espacial Unidad.

Los indicadores utilizados en este nivel son el “desplazamiento acumulado” y la “tasa de desplazamiento”. Los mismos fueron generados a partir de la tabla base de distancias/intersección del DSAS. El primero toma como punto de partida la línea de costa más antigua en la serie y se obtiene sumado las distancias de desplazamiento observadas entre dos series consecutivas. El segundo hace referencia a la distancia de desplazamiento que experimenta la línea de costa entre el periodo de tiempo observado, por lo que representa la velocidad de retroceso/progresión que experimenta la línea de costa.

Dado que esta aproximación busca identificar la dinámica a lo largo de la serie, se hace necesario definir los conceptos: periodo y fase. Periodo: intervalo de tiempo transcurrido entre dos líneas de costa consecutivas; este parámetro está regulado por la disponibilidad de la información cartográfica y aerofotográfica base. Fase: agrupa periodos según las tendencias erosivas o deposicionales mostradas por el comportamiento de la línea de costa.

Entre los objetivos de esta aproximación se encuentra clasificar la serie según periodos y fases de retroceso/progresión, identificando sus velocidades (máximas) de desplazamiento. Igualmente, se busca identificar la distancia y momento de máxima de progresión y retroceso de la costa. Se quiere también buscar recurrencia con lo observado en otras unidades. Finalmente, se pretende distinguir entre periodos de desplazamiento naturales, inducidos, y artificiales.

7.6.2.2 Amplitud de desplazamiento (SCE)

Representa la amplitud máxima de desplazamiento de la línea de costa a lo largo de toda la serie. Su aplicación se presenta en los niveles de análisis: Unidad y Transectos de playa.

El parámetro utilizado es la amplitud de desplazamiento (SCE), el mismo que reporta la distancia medida entre la línea de costa más lejana y más cercana a la línea de base; SCE representa el desplazamiento total experimentado de la línea de costa, no se rige por la edad de estas (Thieler et al. , 2005). Se expresa en valores de longitud absoluta en unidades métricas.

La aproximación busca mostrar el grado de respuesta (sensibilidad o estabilidad) de la playa ante la erosión/sedimentación en el caso de playas naturales e inducidas, y el grado de intervención humana en el caso de unidades con terraplén. El parámetro permite distinguir aquel grupo de transectos con problemas de erosión dentro de una playa. Asimismo, permite distinguir entre unidades con mayor rango de desplazamiento dentro de la bahía.

7.6.2.3 Movimiento neto de la costa (NSM) y tasa de cambio final (EPR)

La última aproximación realiza un balance relativo al momento actual de la línea de costa, en retrospectiva al momento inicial de la serie. Su aplicación se da en los niveles de análisis Unidad y Transectos de playa. Su utilidad se manifiesta en sectores de la bahía que cuentan solamente con dos momentos para líneas de costa.

Un parámetro utilizado es el movimiento neto de la costa (NSM). Este representa la distancia de desplazamiento medida entre la línea de costa más antigua y más joven para

cada transecto; valores positivos y negativos reportan procesos deposicionales o erosivos respectivamente y son determinados restando los valores de precisión previamente ingresados a los resultados obtenidos (Thieler et al. , 2005). Se expresa en valores de longitud absoluta en unidades métricas.

Complementariamente el parámetro Tasa de cambio final (EPR) se calcula al dividir la distancia de desplazamiento entre las líneas de costa más antigua y más joven, por el número de años transcurridos. Su aplicación requiere de una data mínima de la línea de costa en dos momentos y tiene la ventaja de ser un cálculo computacional simple. La mayor desventaja radica en la información sobre el comportamiento de la línea de costa que es dejada de lado, cuando se dispone de una serie de más de dos registros (Thieler et al. , 2005).

7.6.2.4 Proyección de la línea de costa

Fue posible proyectar el perfil de una futura línea de costa examinando las tasas de retroceso/progresión para playas naturales y playas. Su uso es solo referencial dado que se trata de una función que considera solo dos variables (forma-tiempo), no siendo exactamente un modelo de comportamiento de la línea de costa. Su aplicación obedece a la ampliación de las funciones del SIG en el futuro; estas funciones contemplarán la incorporación de un mayor número de líneas de costa pasadas y futuras, así como también la incorporación de nuevas variables morfodinámicas (batimetría, dirección e intensidad del oleaje, materiales de playa, etc.). Durante la presente fase, las tendencias fueron calculadas usando la función estadística Estimador del software MS Excel 2003 y posteriormente convertidas a un vector desde el software ArcGIS 9.2. El año a proyectar fue escogido según la disponibilidad de la data en cada sector de la bahía, de ahí que este haya sido el 2011. Un requisito para su aplicación, fue el tener que ajustarse al comportamiento natural de playas, por lo que deben aplicados a sectores sin terraplén inmediato.

7.6.3 Validación estadística de la clasificación propuesta

El estado actual de la línea de costa en la bahía de Miraflores es heterogéneo en cuanto a la morfodinámica y origen de sus playas, pues ellas son el resultado de procesos naturales y antrópicos. Ello planteó la necesidad de abordar la cuantificación de la línea de costa,

desde un enfoque que considere a la bahía como un sistema compuesto por un continuo de unidades heterogéneas.

La cuantificación de cambios en la línea de costa se desarrolló siguiendo una clasificación de la bahía, elaborada según rasgos morfológicos y las variaciones temporales. Con ello se planteó resolver las incompatibilidades iniciales asociadas a los orígenes de playas, características morfológicas, disponibilidad parcial de la data de las secciones de la bahía.

La validación estadística de la clasificación propuesta se planteó como último objetivo de la tesis. Idealmente, los resultados del análisis estadístico deben ser complementarios con los obtenidos en la clasificación.

7.6.3.1 Tasa de cambio por regresión lineal (LRR)

Esta instancia de análisis que permite abordar indistintamente el conjunto de playas naturales, playas desarrolladas por inducción con espigones y espacios ganados al mar con terraplén; así mismo esta instancia se ajusta sin problemas a la disponibilidad parcial de la data a lo largo de los 32,5 km de la bahía.

El indicador empleado en este nivel de análisis es la tasa de cambio por regresión lineal. Su mayor jerarquía estadística con respecto a otros indicadores radica en que: 1) Toda la data es utilizada, a pesar de los cambios en las tendencias o la precisión; 2) Dada la disponibilidad de data heterogénea, es un indicador comparable en todos los sectores de la bahía; 3) El método es puramente computacional, con lo que se evitan errores operacionales (Thieler et al. , 2005). LRR se determina mediante el ajuste de una línea de regresión cuadrada hacia las distancias de todos los puntos de intersección entre un transecto dado, con las líneas de costa intersecadas a esta; la tasa es la pendiente de esta línea.

Su aplicación tiene por objetivo clasificar los niveles de análisis espacial sector y bloque de toda la bahía según sus tasas de cambio históricas, y definir si el balance de estas es positivo o negativo (erosional o progresivo). A cada bloque y sector le fue asignado la correspondiente tasa de cambio LRR, la misma que además sirvió como identificador del cambio experimentado.

7.7 Levantamiento de información de campo

Tuvo por objetivo recoger información de tipo cualitativa y cuantitativa relevante a la geomorfología y dinámica actual de este conjunto de playas, identificar sectores con problemas erosión real y potencial, así como para definir la variación horizontal del nivel de marea en las playas para ser utilizadas en el margen de error estimado. El trabajo de campo se ciñó al conjunto de playas ubicadas dentro de la ensenada de Chorrillos, entre las playas Pescadores en Chorrillos y Playa La Pampilla Sur en Miraflores. Son justamente el grupo de playas que han experimentado un mayor grado de intervención humana durante el periodo de sesenta años y donde se concentra toda la gama de estadios morfodinámicos de playas. Las unidades ubicadas al norte y sur de estas fueron dejadas de lado, dado que se presentan morfodinámicamente homogéneas.

El trabajo de campo se realizó en ocho jornadas de levantamiento de información entre los meses de abril-junio del año 2007, por el equipo de campo conformado por trece estudiantes de pregrado y un jefe de prácticas de la especialidad de Geografía y Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Los siguientes parámetros geomorfológicos y oceanográficos y métodos de levantamiento de información de campo fueron aplicados y registrados en las ficha de datos de campo correspondientes:

7.7.1 Medición de perfiles de playa

Los perfiles de playa registran las variaciones de topografía a lo largo de la playa posterior, anterior y parcialmente sobre la playa interior. Dos perfiles de playa necesitan ser levantados, los que deben ubicarse a un tercio y dos tercios de la longitud total de cada playa. En playas muy extensas o muy pequeñas, este número varía a tres y uno respectivamente. El punto de partida del perfil se precisa la identificación de un punto de referencia en el terreno, desde el cual el perfil de playa es proyectado de manera transversal a la playa. Este se ubica sobre la playa anterior, debe ser fácil de identificar e idealmente duradero en el tiempo, para poder levantar futuros perfiles de playa en este lugar. Estructuras tales como la puerta de algún establecimiento, postes de alumbrado público, puertas de algún establecimiento, escaleras, puentes o torres reúnen estas condiciones.

El método para el delineado de perfiles de playa y pendiente (Emery, 1961), determina las variaciones topográficas a partir de las diferencias de nivel entre dos varillas dispuestas verticalmente y separadas a intervalos constantes entre los extremos del perfil. El procedimiento requiere la asistencia de al menos dos personas en campo y el empleo de dos varillas de 1,5 m de longitud, las que deben de llevar sobre ellas una escala en centímetros. Adicionalmente, puede disponerse una cinta métrica sobre la playa y garantizar el trazado recto y perpendicular a la playa. Se utilizaron dos cintas métricas (1 x 25 m, 1 x 10m). La asistencia de dos miembros extra en el equipo de campo asegura que las varillas estén dispuestas verticalmente al visualizarlas desde dos perspectivas distintas.

El procedimiento se realiza durante la media hora anterior o posterior a una de las dos bajamares diarias para maximizar el área de playa a ser registrada por el método sobre el perfil.

En la ficha de datos de campo son registrados inicialmente los nombres de los integrantes del equipo de medición, fecha, hora de inicio del perfil, número o nombre del perfil, ubicación de la playa, coordenadas geográficas, entre otros. En el caso que el perfil no haya sido iniciado exactamente sobre la ubicación del punto de referencia, se indican la distancia y dirección hacia el inicio del perfil y las coordenadas del punto de referencia.

La primera varilla se sitúa verticalmente sobre el punto inicial del perfil y la segunda a una distancia de 1,5 m de esta. La variación vertical del terreno se mide desde la perspectiva de la primera varilla, proyectando visualmente la punta de aquella varilla que se encuentre más abajo (varilla “A”), con la línea del horizonte. Hipotéticamente una línea imaginaria interseca la punta de la varilla “A”, con algún punto sobre la escala en centímetros de la varilla “B”. Esta lectura nos proporciona la variación vertical en centímetros, siendo de descendente en el terreno cuando la varilla situada más abajo es la más alejada del punto inicial y viceversa. Las lecturas son registradas en la ficha correspondiente. Realizada la medición inicial, la primera varilla es colocada 1.5 m por delante de la segunda la misma que mantiene su posición inicial. El proceso se repite hasta alcanzar el nivel de marea actual sobre la playa anterior.

Una vez que el perfil alcanza el nivel de marea actual, los datos sobre la hora exacta y posición del nivel del mar sobre el perfil deben ser registrados. Adicionalmente, la posición del nivel máximo de marea sobre el perfil de playa es igualmente incluida en el registro.

7.7.2 Granulometría de los sedimentos

Busca caracterizar cualitativamente la granulometría de sedimentos entre la playa posterior y la playa anterior, mas no un análisis estadístico en laboratorio. Las muestras de sedimentos pertenecen a los 30 cm superficiales de la playa y fueron tomadas en coincidencia con cada perfil de playa en tres puntos: sobre la playa posterior, sobre la cresta de la berma y punto medio de la playa anterior. La granulometría fue determinada mediante comparación visual con escala, usando como referencia visual la Tabla Granulométrica para Arenas de la Dirección de Hidrografía y Navegación-Marina de Guerra de Brasil en el caso de los sedimentos con diámetros entre $62 \mu\text{m} - 2.000 \mu\text{m}$. El empleo de dos tamices cernidores de arenas (diámetro de malla 0,5 mm) permitió la identificación de arenas gruesas. Para sedimentos con diámetros $\geq 2.000 \mu\text{m}$ (gravas, cantos y guijarros) se utilizó una cinta métrica simple como referencia visual, registrando en cada punto de muestreo el tamaño del sedimento más frecuente, así como los de máximo y mínimo tamaño.

7.7.3 Altura y periodo de olas

Es un registro para cada playa de tres series de once crestas consecutivas cronometradas y promediadas para cada playa. Mediante estimación visual se determina la altura de tres series consecutivas de diez olas para ser promediadas y definir el tipo de rompiente de la ola según la clasificación para tipos de rompientes según Galvin (1968).

7.7.4 Deriva litoral

La velocidad y dirección de corriente de deriva litoral se establece con el uso de un flotador plástico de 500 ml y 200 g. En el sector central de cada playa, el flotador debe ser arrojado hacia la zona de rompiente, para determinar la dirección desplazamiento y tiempo de recorrido en un segmento de 10 m desde el punto de lanzamiento. El procedimiento se

realiza entre tres y cinco oportunidades hasta obtener una lectura confiable y encontrar un patrón de comportamiento definido.

7.7.5 Cúspides

La medición de las dimensiones de las cúspides se realiza con el uso de una cinta métrica simple. El registro se complementa mediante su estimación con el ArcGIS ArcInfo 9.2 ESRI. Imágenes Digital Globe del año 2005 proveyeron esta información.

7.7.6 Registro fotográfico

Busca complementar el registro de las fichas de campo, precisar en detalle o registrar la información de campo y valer como respaldo en el caso de pérdida de información. Se utilizó una cámara fotográfica digital Fujifilm FinePix S9000.

- Materiales de playas: registro de materiales tomados en cada uno de los puntos de muestreo, debidamente acompañados de las escalas visuales de referencia.
- Perfil de playa: registro del punto de referencia para el inicio del perfil. Igualmente, en el momento de inicio del perfil y cuando este alcanza el nivel actual de marea.
- Variación de la topografía y sinuosidad de playa: registro desde cada extremo de la playa, para apreciar la topografía y linealidad de playa.
- Onda rompiente: registro de una onda durante su ruptura de una onda y de la zona de rompiente en su conjunto. Se busca documentar el tipo de rompiente característico y el patrón de rompiente dentro del conjunto.
- Perfil del acantilado costero: registro del acantilado en al menos dos puntos en cada playa, mostrando el conjunto, los estratos, los materiales, vegetación, etc.
- Infraestructura y equipamiento: énfasis en el registro de las estructuras dedicadas a la protección contra el oleaje, como por ejemplo, espigones, paredes, rocas apiladas, sacos de arena.
- Sectores con problemas de erosión: énfasis estructuras afectadas por el oleaje como muros, pistas, veredas, edificaciones.
- Vista general de la unidad: registro con ángulo abierto, incluyendo todo el conjunto (acantilado, plataforma, playa y rompiente).

8 Resultados

8.1 *Variación temporal de la línea de costa: reconstrucción de escenarios 1936-2005*

8.1.1 Playa La Chira

La playa La Chira se presenta como una plataforma compuesta por dos terrazas, cuyo origen se asocia a los procesos de levantamiento tectónico y regresión marina; la primera (~300 m de ancho y 1.000 m de largo) se extiende desde el nivel del mar hasta los 5 msnm, mientras que la segunda de ellas alcanza un ancho de hasta 1.300 m desde la línea de costa con altitudes de hasta 80 msnm. La Chira se encuentra expuesta a la acumulación rápida de bancos de arena gruesa, por invasión de la arena que es transportada por los vientos desde la playa la Chira y las playas de Villa, mostrándose como un campo de dunas activas. Presumiblemente es la unidad con los mayores volúmenes de arena acumulada de toda la bahía, por lo que constituye una importante reserva de sedimentos finos para las playas ubicadas al norte.

A diferencia de lo observado en otros sectores, La Chira no fue intervenida antrópicamente, por lo que el desarrollo de esta unidad obedeció estrictamente a procesos naturales. La proximidad a las fuentes de sedimentos y a la ausencia de estructuras que hubiesen podido retener las arenas en suspensión, explican porqué el balance final muestra un estado de equilibrio, sin cambios bruscos en la morfología de playa, a pesar de la alternancia de fases y periodos de erosión/sedimentación.

Hasta 1974 la playa presentó una primera fase de desarrollo, en la que la acumulación continua de arenas permitió el avance de la línea de costa a tasas promedio de entre 0,32 y 1,06 m/a. Esta fase es también la más estable, en tanto las tasas de acreción o sedimentación son las más bajas de la serie. La línea de costa alcanza su máximo nivel de desarrollo en 1974 para este año el desplazamiento promedio de toda la línea de costa fue de 30,52 m respecto a su posición inicial.

En adelante la playa tendió claramente al retroceso de la línea de costa, fundamentalmente durante el periodo 1999-2005, en el que esta alcanzó la tasa de erosión más alta de la serie (-1,82 m/a). Al finalizar la serie el repliegue de línea de costa la ubicó a -27,70 m respecto a su posición de máximo desarrollo en 1974, concentrándose el retroceso en los transectos de la sección sur. El año 2005 coincide también con el momento de máximo repliegue de la línea de costa. Tomando en cuenta la amplitud de marea máxima (1,7 m) y el área total erosionada (32.263,00 m²), el volumen total de arena removida entre 1974-2005 se estima en 54.847,10 m³.

El desplazamiento neto de la línea de costa (cfr. Fig. 6) muestra que la unidad se ubicó ligeramente por delante de su posición inicial en 1936, a una distancia promedio 3,82 m; según estas variables la Tasa de Cambio Final EPR fue 0,06.

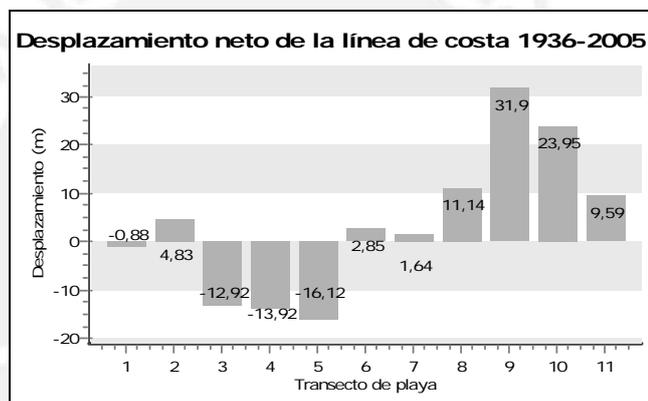


Fig. 6: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Chira 1936-2005 (cálculo y diseño propio).

La secuencia de cambios observados entre 1936-2005 en La Chira es presentada a manera de síntesis en la TABLA VII y graficada en la Fig. 7.

TABLA VII - Síntesis variación temporal playa La Chira 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	A	NN	-
1944	0,32	2,59	A	NN	-
1958	1,06	17,37	A	NN	-
1974	1,01	33,52	A	SN	-
1976					
1986	-0,36	29,23	A	E	-
1990	-1,82	21,95	A	E	-
1995	5,66	50,25	A		-
1999	-8,88	14,73	A	E	-
2005	-1,82	3,82	A	E	-

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
 Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
 H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
 Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén



Fig. 7: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playa La Chira 1936-2005

8.1.2 Playa La Herradura

La playa La Herradura se muestra como una acumulación arenosa, que en condiciones naturales ha experimentado transformaciones en su perfil de playa por cíclicas acumulaciones y remociones de arena.

Tras casi una ininterrumpida fase de acumulación arenosa desde el inicio de la serie, la línea de costa alcanzó en 1986 su máxima progresión, situándose 27,31 m por delante de su posición inicial. Probablemente la construcción de un pequeño espigón y un pequeño terraplén al norte de la unidad desempeñaron un rol importante en esta fase de cambios; el efecto combinado de estas estructuras, las cíclicas fases de arenamiento (también observadas en otras unidades igualmente durante este periodo) y la proximidad a las fuentes de sedimentos motivaron que se alcance tempranamente la tasa de acreción más alta de la serie (1,63 m/a) entre 1958-1974. Si bien los depósitos de arena son menores que los de La Chira, el área ganada al mar por sedimentación solo durante este periodo es el más alto de la serie (22.784,74 m²).

Visiblemente el periodo 1986-2005 define la fase erosiva de la serie, consecuentemente se marca un cambio drástico en la morfología de playa; exceptuando el periodo 1990-1995, la tendencia fue la erosión de la playa. Al finalizar esta fase la playa alcanzó su posición de máximo repliegue, a una distancia promedio de -31,51 m respecto a su posición en 1986 (cfr. Fig. 8). La pérdida de playa se concentró básicamente en la sub-unidad sur (25.956,93 m²), estimando un total de 33.744,01 m³ de arena de playa removida. Si bien el repliegue de la costa se manifiesta esencialmente durante el periodo 1986-1990 (-6.55 m/a), el cambio en la morfología de playa por la transformación de acumulación arenosa a acumulación pedregosa es registrada por la cartografía recién entre 1995-1999; las secciones con substrato rocoso superficial no se vieron afectadas.



Fig. 8: Paralelo playa La Herradura entre posición cercana de máximo avance en 1984 y posición de máximo repliegue en 2005; obsérvese La Herradura en el año 1984 una playa de arena bien desarrollada. La gráfica inferior indica el desplazamiento esperado de la línea de costa para el periodo 2005-2011 (SAN 1984, IGN 1990, DigitalGlobe 2005).

El balance del desplazamiento neto de la línea de costa entre 1936-2005 también es negativo, siendo esta unidad la de la segunda Tasa de Cambio Final más baja de la bahía (-0,06). Al finalizar la serie la línea de costa se ubicó en promedio a -4,2 m respecto a su posición inicial, focalizando el retroceso en la porción central de la unidad; los valores de desplazamiento neto de la línea de costa alcanzaron hasta -29,25 m (cfr. Fig. 9).

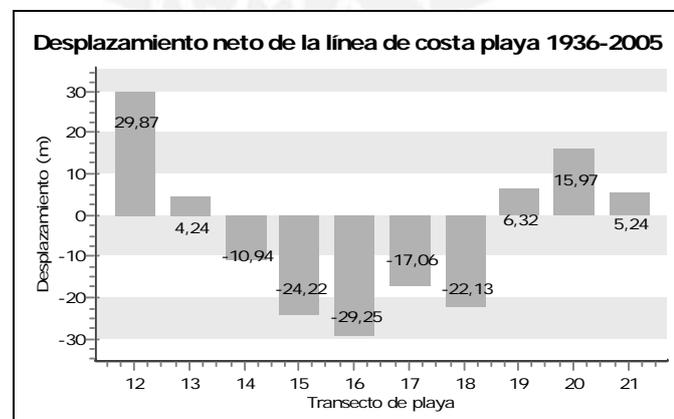


Fig. 9: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Herradura 1936-2005 (cálculo y diseño propio).

Las síntesis de las variaciones temporales de la línea de costa en La Herradura puede observarse en la TABLA VIII y en la Fig. 10; esta última indica además las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.

TABLA VIII - Síntesis variación temporal playa La Herradura 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	A	NN	-
1944	0,63	5,01	A	NN	-
1958	-0,44	-1,16	A	NN	-
1974	1,63	24,88	A	SN	-
1976					
1986	0,20	27,31	A	SN	-
1990	-6,55	1,13	A	E	-
1995	1,03	6,30	G, A	SN	-
1999	-0,77	3,23	G, A	E	-
2005	-1,24	-4,20	G, A	E	-

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

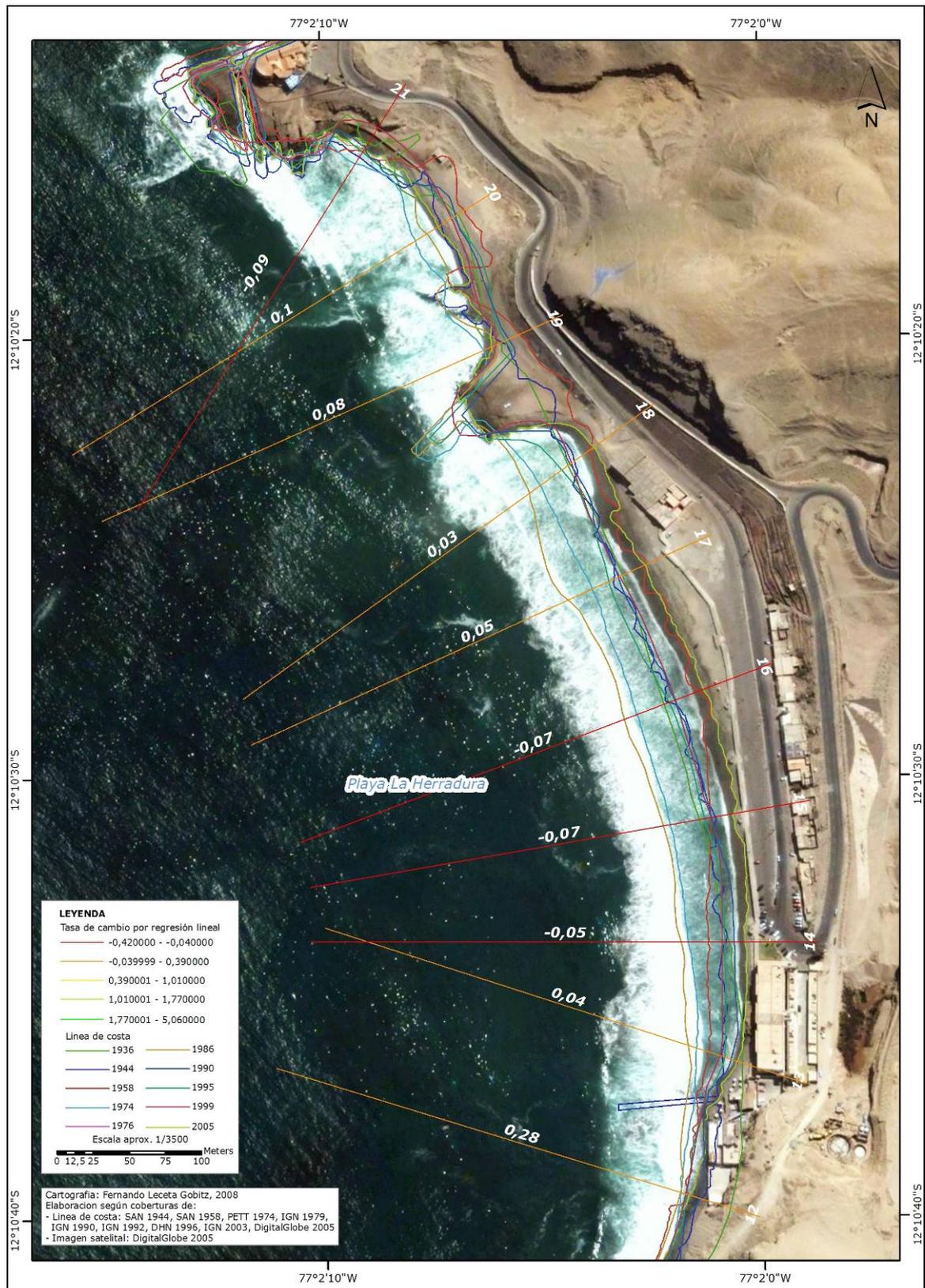


Fig. 10: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playa La Herradura 1936-2005.

8.1.3 Playas Club Regatas Lima y Pescadores

Dado que esta unidad fue la primera en instalar estructuras, desde 1936 ya pueden observarse las primeras playas formadas principalmente por materiales del terraplén. Una secuencia de espigones sucesivamente rellenos y extendidos entre 1944-1986, motiva la fase de acreción más importante de la serie. La misma situó la línea de costa en una posición muy próxima a la actual ya en 1974 (cfr. Fig. 11). No obstante, la posición de máxima progresión se alcanzó recién en 1986, a una distancia promedio 154,38 m desde la base del acantilado; la tasa de avance promedio más alta ocurrió entre 1974-1986 (4,17 m/a). El periodo 1999-2005 marca una quiebre en la tendencia general a la erosión luego del máximo avance, pues en la sub-unidad Este del Club Regatas Lima N°3 y la unidad Pescadores empieza a observarse sedimentación de arena y progresión en la línea de costa; este mismo comportamiento se presenta en la unidad Agua Dulce.

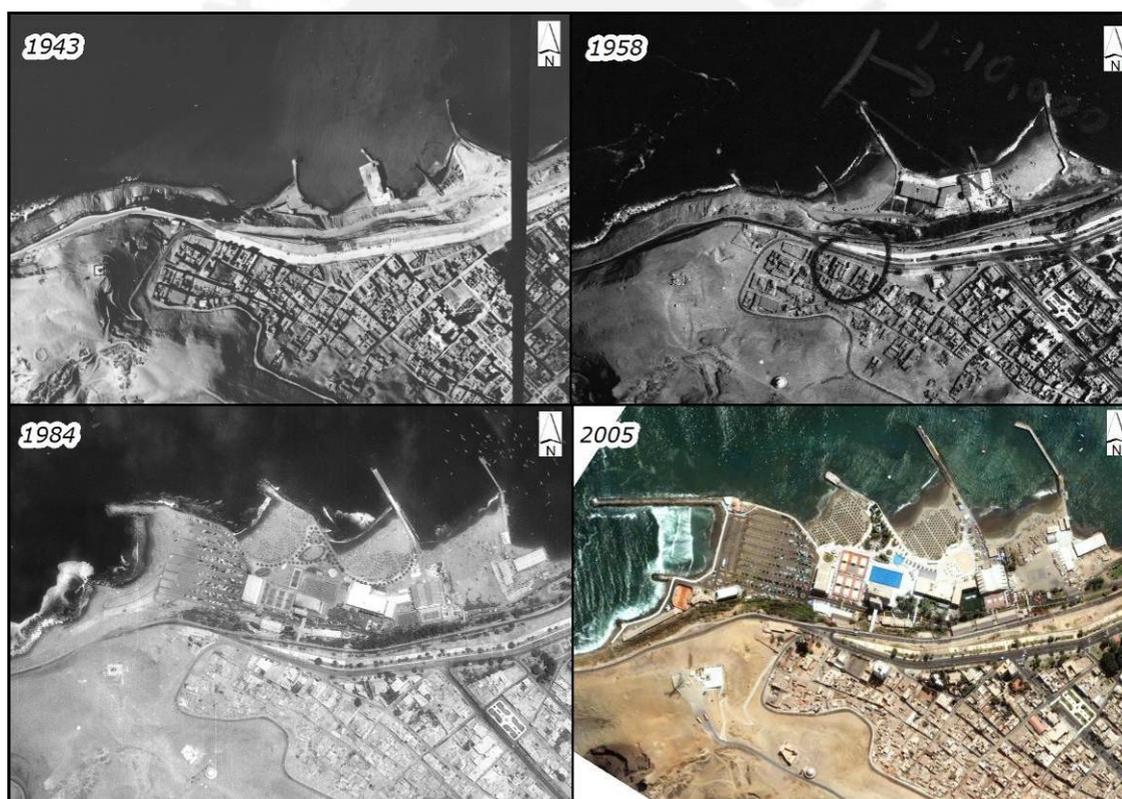


Fig. 11: Secuencia de espigones sucesivamente rellenos y extendidos entre 1943-2005 en las playas Club Regatas Lima y Pescadores (SAN 1943, SAN 1958, SAN 1984, DigitalGlobe 2005).

Las síntesis de las variaciones temporales de la línea de costa puede ser observada en TABLA IX.

TABLA IX - Síntesis variación temporal playas Club Regatas Lima y Pescadores 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	R, T	H	Ep, M, T
1944	3,27	26,16	T, A, R	H, SI	T, E, M
1958	1,40	45,74	R, T, A	SI, H	E, T
1974	3,66	104,35	A, R	SI	Ep
1976			A, R	SI	Ep
1986	4,17	154,38	A, R	SI	Ep
1990	-1,29	149,23	A, R	E	Ep
1995	1,51	156,78	A, R	E	Ep
1999	-0,71	153,95	A, R	SI	Ep
2005	-0,06	153,61	A, R	E, SI	Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

8.1.4 Playa Agua Dulce

A pesar de presentar un espigón antes de 1936, la morfología de playa Agua Dulce muestra la primera gran modificación recién en 1944; el efecto combinado del terraplén costero, y la posterior instalación de dos extensos espigones, ubicaron la línea de costa a una distancia promedio de 80,17 m desde la base del acantilado.

La segunda gran modificación, y la más importante, tiene lugar exclusivamente por sedimentación de arenas mediante inducción entre 1944-1958 (cfr. Fig. 12). Hasta 1953 aún era posible distinguir dos sub-unidades dentro de Agua Dulce, originariamente divididas por el espigón sur de Agua Dulce. Hacia el año 1958 este espigón ya aparece colmatado, con ello la unidad adquiere una morfología de costa muy similar a la actual y se mantuvo sin grandes cambios en los casi 50 años siguientes. La tasa de progresión promedio entre 1944-1958 (4,28 m/a) logró que el terreno total ganado al mar por sedimentación ascienda a 51.071 m² en la subunidad norte y 9.890 m² en la sur, haciendo de esta la secuencia de mayor acumulación arenosa en toda la bahía.

Esta tendencia continuó hasta 1974 (máximo avance), logrando incorporar adicionalmente 60.514 m² de playa ganada al mar; la tasa de progresión promedio (4,49 m/a) entre 1958-1974 fue así mismo la más alta de la serie.

En adelante la tendencia general es al retroceso de la línea de costa. Sobresale el periodo erosivo 1976-1986, pues sitúa a la costa en su posición de máximo repliegue a -49,63 m del máximo avance alcanzado en 1974 (cfr. Fig. 13). Desde entonces la línea de costa

mantuvo esta posición sin variaciones importantes, aunque con un pequeño episodio de progresión entre 1999-2005.



Fig. 12: Área ganada durante el periodo 1944-1958 exclusivamente por sedimentación arenosa, se advierte el espigón sur colmatado al final del periodo (SAN 1943, SAN 1958).



Fig. 13: Máximo retroceso de la línea de costa en 1986, luego de haber alcanzado el máximo avance en 1974 (PETT 1974, IGN 1990, DigitalGlobe 2005).

Las síntesis variaciones temporales de la línea de costa en la playa Agua Dulce puede ser observada en la TABLA X.

TABLA X - Síntesis variación temporal playa Agua Dulce 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	Ep
1944	10,02	80,17	T, A	H, SI	T, Ep
1958	4,28	140,09	A	SI	Ep
1974	4,49	211,96	A	SI, H	Ep, T
1976	-2,20	207,57	A	E	Ep, T
1986	-3,65	171,04	A, T	E	Ep, T
1990	-2,18	162,34	A, T	E	Ep, T
1995	0,31	163,90	A, T	H	Ep, T
1999	1,58	170,21	A, T	E, SI	Ep, T
2005	0,86	175,35	A, T	SI	Ep, T

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

8.1.5 Playa Sombrillas

La progresión de la costa data del periodo 1936-1944 principalmente a partir de la construcción del terraplén costero, pero también debido a la instalación de dos espigones. Muy lentamente la acumulación arenosa se concentra en la subunidad del norte, hasta la colmatación del espigón sur en 1966. Sin embargo, la sedimentación no tiene un efecto significativo en la morfología de playa hasta al menos 1974 (cfr. Fig. 14). La retención de casi la totalidad del remanente arenoso la playa Agua Dulce durante al menos 30 años y la extensión espigón sur entre 1976-1986 explicarían el hecho de que el máximo avance se haya alcanzado recién en 1990.

El periodo erosivo más alto es el 1990-1995, el mismo sitúa a la línea de costa prácticamente en la posición actual.



Fig. 14: Contraste entre el lento desarrollo de la playa Sombrillas y su ubicación respecto al espigón norte de la playa Agua Dulce (SAN 1958).

Las síntesis variaciones temporales de la línea de costa en la playa Las Sombrillas puede ser observada en TABLA XI.

TABLA XI - Síntesis variación temporal playa Las Sombrillas 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	3,14	25,16	T, A	H, SI	T, Ep
1958	1,33	43,76	A	H, SI	Ep, T
1974	1,69	70,78	A, T	SI, H	Ep, T
1976	-2,32	66,14	A, T	E	T
1986	7,68	142,94	A, T	SI, H	Ep, T
1990	2,67	153,62	A, T	SI	Ep
1995	-2,80	139,63	A, T	E	Ep
1999	1,10	144,02	A, T	SI	Ep, T
2005	-1,96	132,26	A, T	E	T

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

Fig. 15 grafica la secuencia de cambios observados entre 1936-2005 en las playas Club Regatas Lima Regatas y Pescadores, Agua Dulce y Las Sombrillas, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.



Fig. 15: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Club Regatas Lima Regatas, Pescadores, Agua Dulce y Las Sombrillas 1936-2005.

8.1.6 Playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas

Al igual que en los sectores vecinos, la construcción del terraplén costero entre 1936-1944 marca el primer episodio en la modificación de la línea de costa en esta sección de la bahía (cfr. Fig. 16). Además de alejar la costa del acantilado en un periodo de tiempo relativamente corto, esta estructura sirvió principalmente como base para la instalación de nuevas estructuras y formación de playas de arena. Durante esta primera fase la sedimentación arenosa fue mínima, mostrándose solo pequeños focos concentrados en las unidades que en 1958 (cfr. Fig. 17) presentaban los espigones más extensos (Barranco y Los Pavos).



Fig. 16: Sector de la bahía aún no intervenida, donde se muestra el contacto entre la rompiente y el acantilado en playas de Barranco (Municipalidad Distrital Barranco 1930).



Fig. 17: Sedimentación arenosa incipiente en playas Los Pavos y Barranco (SAN 1958).

La progresión de la costa por acumulación arenosa data al menos de 1966 en las unidades Los Yuyos y Barranco, pero empieza a manifestarse con intensidad en este sector a inicios la siguiente década a raíz de la extensión del espigón norte de la playa Cascadas. Justamente Cascadas y Barranquito son las primeras en mostrar hacia 1974 los mayores avances por sedimentación. La tasa de desplazamiento promedio más alta de la serie (7,45 m/a) se presenta en Cascadas entre 1974-1976. Sin embargo, recién en 1986 el conjunto alcanza una forma muy similar a la actual, como consecuencia a la ampliación de los espigones norte de Los Yuyos y Los Pavos. La tendencia a la progresión por acumulación arenosa es clara al menos hasta 1990, momento en que este sector alcanza el máximo avance (56-120 m en promedio desde el acantilado).

La fase 1990-2005 marcó el repliegue de la línea de costa, especialmente por la erosión de las playas de arenas (cfr. Fig. 18), pero también por un inicial desmantelamiento del terraplén (cfr. Fig. 19). El proceso tiende a ser más intenso en la sección norte entre 1999-2005, particularmente en Los Pavos donde se alcanza la velocidad de repliegue promedio más alta de la serie (-4,12 m/a) y la pérdida de 6.620 m² de playa de arena.



Fig. 18: Repliegue de la costa entre 1990-2005 en unidades Barranquito y Los Pavos muestra pérdida de área de playa luego de posición de máximo avance (IGN 1992, DigitalGlobe 2005).



Fig. 19: Desmantelamiento incipiente del terraplén costero en sector sur playas Los Yuyos (der.) y Barranco (izq.) (fotografía propia 2007)

La secuencia de cambios observados entre 1936-2005 en las playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas es presentada a manera de síntesis en la TABLA XII, TABLA XIII, TABLA XIV, TABLA XV y TABLA XVI.

TABLA XII - Síntesis variación temporal Los Yuyos 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	M
1944	3,92	31,40	T, A	H, SI	T, Ep
1958	0,65	40,53	A, T	SI	Ep
1974	-0,89	26,26	A, T	E	T, Ep
1976	-1,17	23,93	AT	N	T, Ep
1986	2,95	53,41	A	SI	Ep
1990	0,69	56,18	A	SI	Ep
1995	-0,55	53,42	A, T	E	T, Ep
1999	-0,02	53,32	A, T	N	T, Ep
2005	0,37	55,52	A, T	N	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XIII - Síntesis variación temporal playa Barranco 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	4,86	38,87	T, A	H, SI	T, Ep
1958	1,19	55,60	A	SI	Ep
1974	-0,59	46,09	A, T	N	T, Ep
1976	0,86	47,81	A, T	N	T, Ep
1986	0,53	53,15	A, T	SI	Ep
1990	1,75	60,17	A	SI	Ep
1995	-1,60	52,20	A, T	E	T, Ep
1999	1,90	59,81	A, T	N	T, Ep
2005	-1,06	53,44	A, T	E	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XIV - Síntesis variación temporal playa Los Pavos 1936-2005

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	3,58	28,64	T, A	H, SI	T, Ep
1958	1,31	46,91	A	HI	Ep
1974	-0,02	46,62	T, A	E, SI	Ep
1976	-3,44	39,73	T, A	E	T, Ep
1986	5,61	95,88	A	SI	Ep
1990	5,15	116,49	A	SI	Ep
1995	-1,19	110,54	A	E	Ep
1999	-3,44	96,79	A	E	Ep
2005	-4,12	72,05	A	E	Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XV - Síntesis variación temporal playa Barranquito 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	0,86	6,86	T, A	H, SI	T, Ep
1958	1,72	30,91	A	SI	Ep
1974	3,21	82,23	A	SI	Ep
1976	-0,05	82,12	A	SI	Ep
1986	-0,39	78,17	A	SI	Ep
1990	3,09	90,54	A	SI	Ep
1995	-1,35	83,79	A	E	Ep
1999	-1,23	78,88	A	E	Ep
2005	-2,97	61,08	A	E	Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XVI - Síntesis variación temporal playa Las Cascadas 1936-2005

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	0,62	4,98	T, A	H, SI	T, Ep
1958	-0,48	-1,69	A	SI	Ep
1974	7,45	117,57	A	SI	Ep
1976	-2,00	113,56	A	SI	Ep
1986	0,25	116,09	A	SI	Ep
1990	0,96	119,92	A	SI	Ep
1995	0,29	121,39	A	E	Ep
1999	-1,41	115,76	A	E	Ep
2005	-2,05	103,43	A	E	Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 20 grafica la secuencia de cambios observados entre 1936-2005 en las playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.

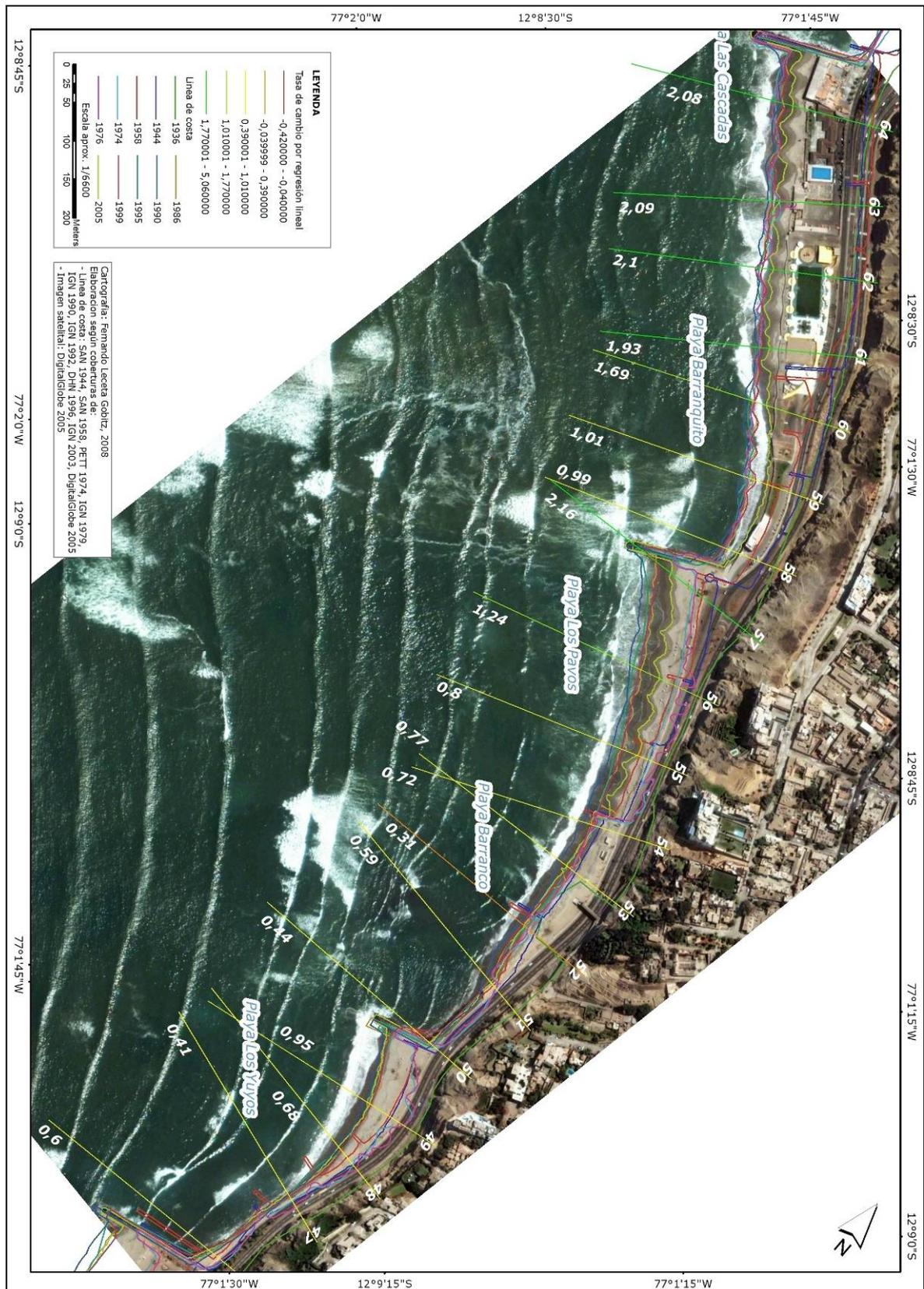


Fig. 20: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas 1936-2005.

8.1.7 Playas Piedritas, Estrella y Redondo

La ausencia de estructuras costeras hasta inicios de la década de 1970 muestra este sector de la bahía como un conjunto de playas de canto rodado (cfr. Fig. 21). El terraplén costero (identificable desde 1974) marca el inicio de una secuencia de dos sucesivas intervenciones (ampliaciones del terraplén y la instalación de tres espigones), que condicionaron la sedimentación de arenas a inicios de la siguiente década. En este contexto la progresión natural más importante tiene lugar entre 1976-1986, a una tasa promedio máxima de 4,73 y 4,32 m/a en las unidades Estrella y Redondo. La acumulación arenosa prosiguió hasta al menos 1990, momento de máximo avance de la línea de costa. En este momento ella pasó a distar en promedio entre 90,01 y 71,84 m respecto a 1936. El área total de terreno ganado al mar por sedimentación entre 1976-1990 ascendió a 70.386,02 m². Debido a la poca disponibilidad de sedimentos y a las dimensiones del espigón norte de la playa Redondo, la sedimentación arenosa no logró ir más al norte de esta unidad, por lo que este bloque fue el último en formar playas de arena en toda la bahía (cfr. Fig. 22).



Fig. 21: Conjunto de playas Piedritas, Estrella y Redondo aún sin intervención y gobernada por procesos naturales (SAN 1964).

El retroceso de la costa tuvo lugar entre 1990-2005, fundamentalmente los periodos 1995-1999 y 1999-2005 son aquellos en los que la arena acumulada hasta entonces es removida de las tres unidades (cfr. Fig. 23). Las tasas de erosión promedio más alta pertenecen al último de ellos, siendo las unidades Estrella y Redondo las de más rápido cambio a velocidades de -4,80 y -3,25 m/a respectivamente; al final del periodo, la erosión situó la costa a -43,49 m y -29,16 m respecto al punto de máxima progresión en 1990 (cfr. Fig. 24).



Fig. 22: Extenso espigón norte de la playa Redondo evitó que proceso de arenamiento alcance las unidades al norte de este; obsérvese en Redondo una bien desarrollada playa de arena en contraste con playas Makaha y Waikiki compuestas por cantos rodados y guijarros (SAN 1984).



Fig. 23: Cantos rodados como el material predominante en las playas de este sector de la bahía luego del repliegue de la costa. (Fotografía propia 2007).



Fig. 24: Paralelo playas Estrella y Redondo entre posición cercana al máximo avance y posición de máximo repliegue (IGN 1992, DigitalGlobe 2005).

Si bien los resultados de los parámetros Amplitud de desplazamiento (SCE) y Desplazamiento Neto de la Línea de Costa (NSM) se muestran muy semejantes, ellos presentan ligeras diferencias en las unidades del norte de la ensenada; el repliegue de la costa entre 1990-2005 la aleja su posición de máxima progresión hasta su ubicación actual.

Los casos más evidentes se observan en las hoy en día playas de cantos Redondo, Estrella y Piedritas.

La secuencia de cambios observados entre 1936-2005 en las playas Piedritas, Estrella y Redondo es presentada a manera de síntesis en la TABLA XXVII, TABLA XVIII y TABLA XIX.

TABLA XVII - Síntesis variación temporal playa Piedritas 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	1,61	12,92	C	NN	-
1958	-0,56	5,02	C	NN	-
1974	2,17	39,72	T, C	H	T, Ep
1976	14,33	68,39	T, C, A	H, SI?	T, Ep
1986	0,28	71,20	A	SI	Ep
1990	0,07	71,48	A	SI	Ep
1995	-0,05	71,21	C	E	T, Ep
1999	-0,19	70,46	C	E	T, Ep
2005	0,13	71,24	C	E	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XVIII - Síntesis variación temporal playa Estrella 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	0,42	3,35	C	NN	-
1958	-1,02	-10,94	C	NN	-
1974	1,95	20,25	T, C	H	T, Ep
1976	6,51	33,27	T, C	H	Ep
1986	4,73	80,52	A	SI	Ep
1990	2,62	91,01	A	SI	Ep
1995	-1,14	85,32	C, A	E	T, Ep
1999	-2,25	76,32	C	E	T, Ep
2005	-4,80	47,53	C	E	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XIX - Síntesis variación temporal playa Redondo 1936-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1936	0,00	0,00	C	NN	-
1944	-0,37	-2,97	C	NN	-
1958	-0,46	-9,43	C	NN	-
1974	2,09	24,01	T, C	H	T, Ep
1976	4,27	32,56	T, C	H	Ep
1986	4,32	75,73	A	SI	Ep
1990	1,75	82,73	A	SI	Ep
1995	-0,57	79,90	A, C	E	T, Ep
1999	-1,70	73,09	C	E	T, Ep
2005	-3,25	53,57	C	T	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 25 grafica la secuencia de cambios observados entre 1936-2005 en las playas Piedritas, Estrella y Redondo, y las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.

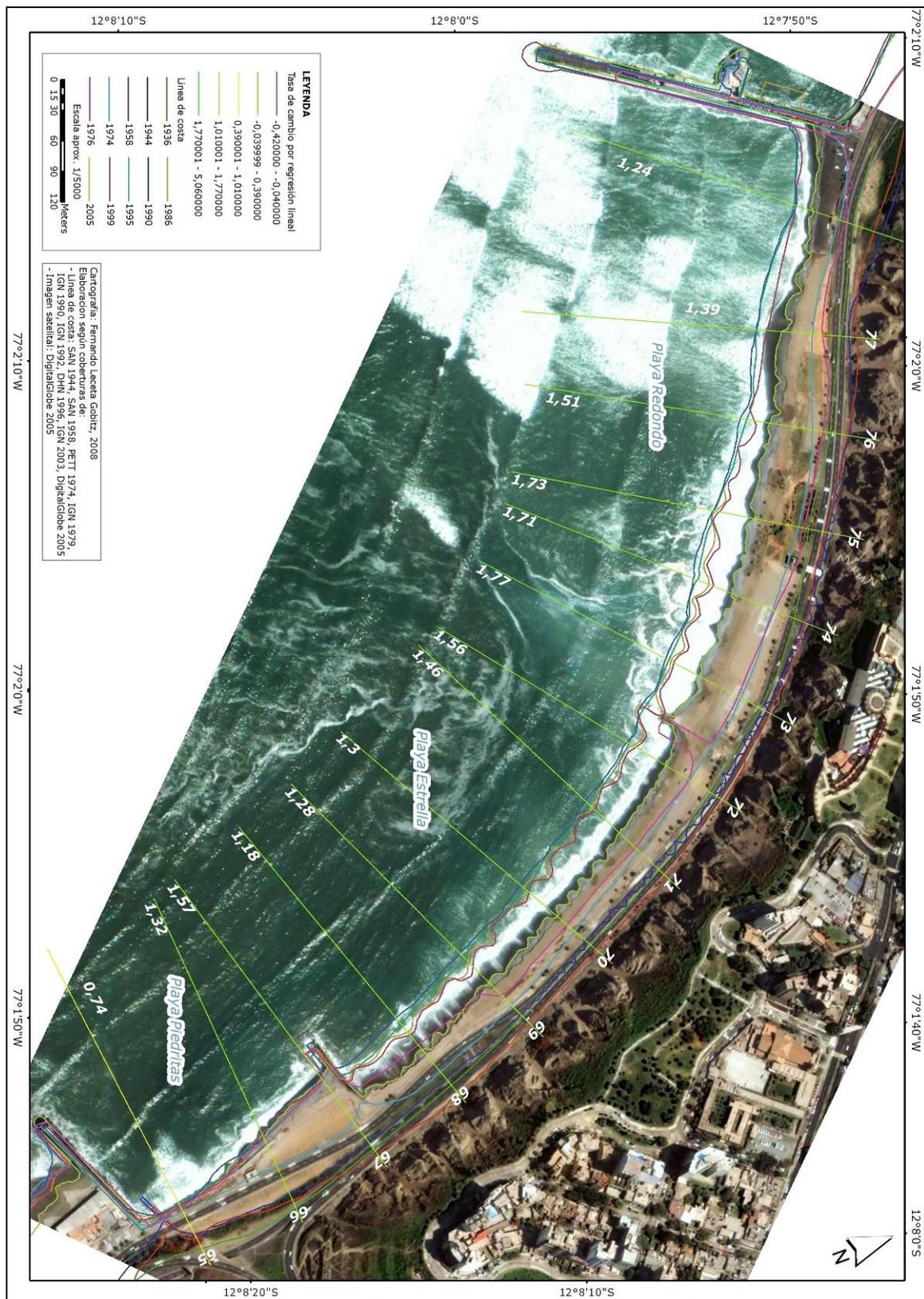


Fig. 25: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Piedritas, Estrella y Redondo 1936-2005.

8.1.8 Playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos

Característicamente este grupo de playas se muestra como uno de los de mayor estabilidad en cuanto a las variaciones temporales de la línea de costa.

Si bien la construcción de las instalaciones del club Waikiki data del año 1943, el grado de intervención fue mínimo, sin que ello haya modificado la forma original de la línea de costa. Hasta entonces este sector se había mostrado como un conjunto de playas de cantos ubicadas al pie un acantilado, con frecuentes acumulaciones de sedimentos no consolidados llamados conos de derrubios (cfr. Fig. 26).

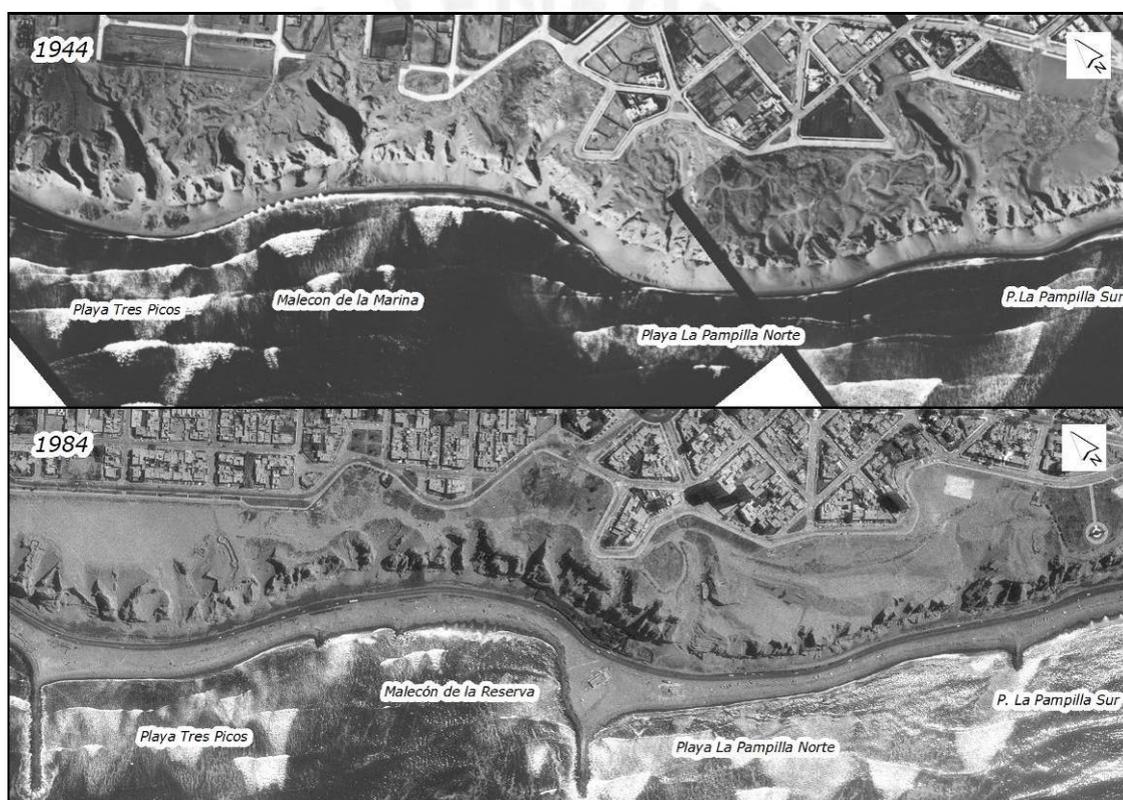


Fig. 26: Sección de mayor espesor del acantilado costero entre playas La Pampilla Norte y Tres Picos, donde los conos de derrubios son los más desarrollados; estos proporcionaron materiales para la construcción del terraplén. (SAN 1944, SAN 1984).

El gran cambio en este sector se registró en 1974 una vez construido el terraplén costero y la vía circuito de playas entre Makaha y Tres Picos, el ancho promedio del terraplén variaba entre 7-20 m en La Pampilla Sur y Makaha respectivamente. Para la construcción de esta plataforma se dispusieron sobre la base de acantilado los mismos materiales del

cono de derrubios (cfr. Fig. 26), por lo que las nuevas playas son también desde entonces de cantos rodados y gravas.

Desde entonces la forma de la línea de costa y los materiales de playa se mantuvieron sin modificaciones importantes. No obstante, algunas ampliaciones del terraplén en el orden de 20 m son registradas en 1990, específicamente en Makaha y La Pampilla Sur, aunque también en Waikiki y Tres Picos.

A pesar de una pequeña tendencia a la erosión entre 1999-2005 concentrada en La Pampilla Sur y Norte ninguna de las unidades ha presentado episodios importantes de pérdida de playa por retroceso de línea de costa.

La secuencia de cambios observados entre 1936-2005 en las playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos es presentada a manera de síntesis en la TABLA XX, TABLA XXI, TABLA XXII, TABLA XXIII y TABLA XXIV.

TABLA XX - Síntesis variación temporal playa Makaha 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	0,53	7,48	C	NN	-
1974	0,60	17,08	T, C	H	T
1976	1,85	20,78	T, C	H	T
1986	0,01	20,93	T, C	H	T, Ep
1990	8,20	53,75	T, C	N	T, Ep
1995	-0,75	50,00	T, C	N	T, Ep
1999	1,14	54,57	T, C	N	T, Ep
2005	-0,55	51,28	T, C	E	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natura, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXI - Síntesis variación temporal playa Waikiki 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	1,07	14,99	C, T	NN, H	Ep
1974	-0,77	2,61	T, C	H	T, Ep
1976	6,29	15,20	T, C	H	T, Ep
1986	0,05	15,72	T, C	H	T, Ep
1990	5,25	36,72	T, C	N	T, Ep
1995	-0,75	32,99	T, C	E	T, Ep
1999	0,47	34,86	T, C	N	T, Ep
2005	-0,50	31,87	T, C	E	Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natura, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXII - Síntesis variación temporal playa La Pampilla Sur 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	0,23	3,21	C	NN	-
1974	0,12	5,16	T, C	H	T
1976	0,82	6,80	T, C	N	T
1986	0,06	7,40	T, C	H	T, Ep
1990	4,68	26,13	T, C	N	T, Ep
1995	0,09	26,56	T, C	N	T, Ep
1999	0,79	29,72	T, C	N	T, Ep
2005	-1,74	19,28	T, C	E	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXIII - Síntesis variación temporal playa La Pampilla Norte 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	0,23	3,21	C	NN	-
1974	0,12	5,16	T, C	H	T, Ep
1976	0,82	6,80	T, C	H	T, Ep
1986	0,06	7,40	T, C	H	T, Ep
1990	4,68	26,13	T, C	N	T, Ep
1995	0,09	26,56	T, C	N	T, Ep
1999	0,79	29,72	T, C	N	T, Ep
2005	-1,74	19,28	T, C	N	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXIV - Síntesis variación temporal playa Tres Picos 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	1,32	18,46	C	NN	-
1974	-0,01	18,27	T, C	H	T, Ep
1976	1,65	21,57	T, C	N	Ep
1986	0,01	21,70	T, C	H	T, Ep
1990	4,95	41,52	T, C	N	T, Ep
1995	2,48	53,94	T, C	H	T, Ep
1999	-2,91	42,28	T, C	E	T, Ep
2005	3,61	63,96	T, C	H	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 27 grafica la secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.

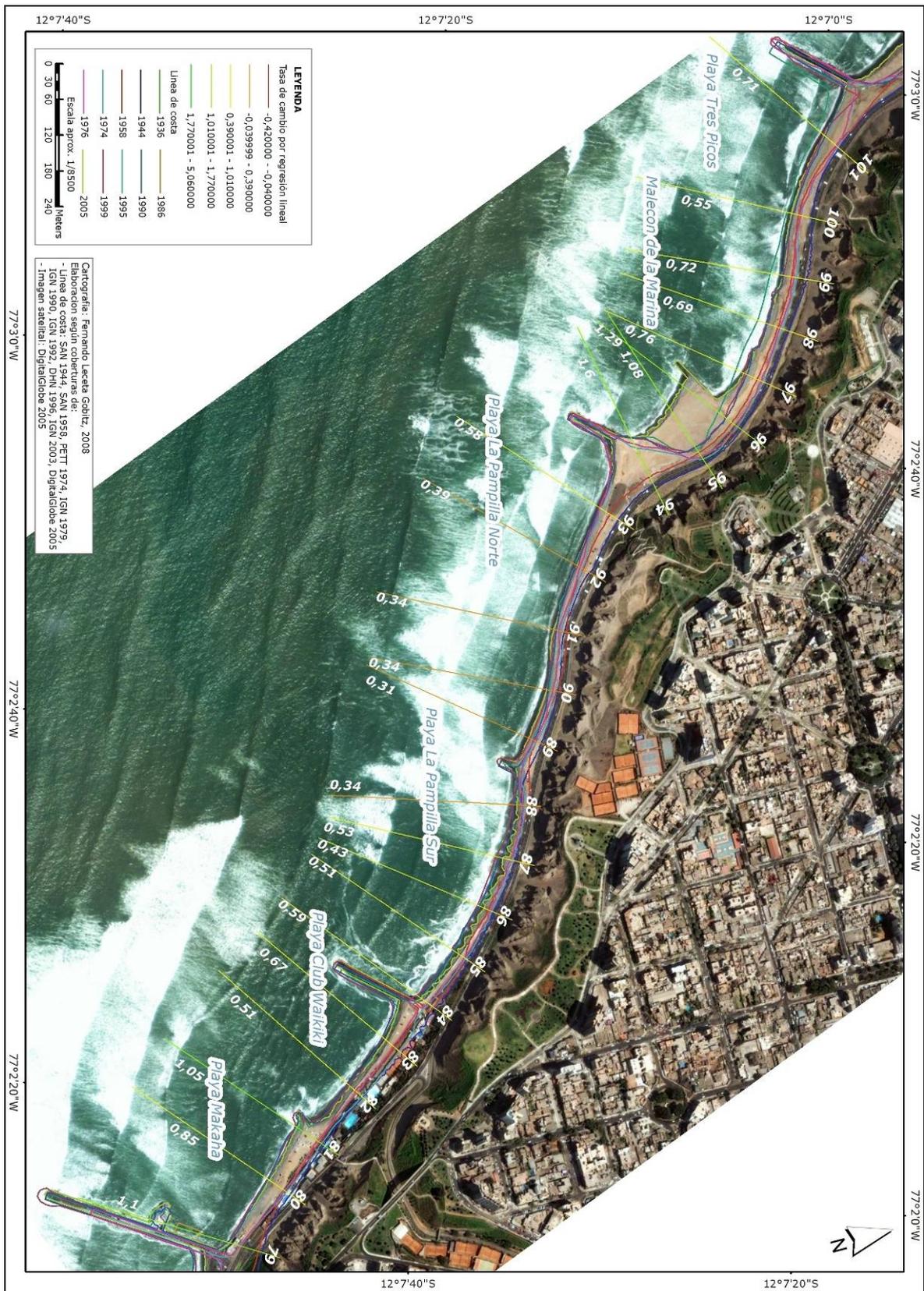


Fig. 27: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos 1944-2005.

8.1.9 Playas Los Delfines, Orrantia del Mar y Marbella

Los estados de desarrollo de la costa en este sector de la bahía se asocian únicamente a la construcción del terraplén costero y a sus ampliaciones las sucesivas. El terraplén muestra en esta sección de la bahía sus máximas dimensiones (cfr. Fig. 28).



Fig. 28: Secuencia del avance del terraplén hasta alcanzar sus máximas dimensiones en la playa Marbella, uso frecuente de los materiales del cono de derrubios para su construcción (SAN 1943, SAN 1984, DigitalGlobe 2005).

Hasta al menos 1965 este conjunto de playas no registran intervención alguna, por lo que se trataba de un conjunto de playas de materiales gruesos, con una zona de rompiente cercana a la base del acantilado.

Según las variaciones temporales el periodo entre 1974-1986 se define una primera fase de desarrollo, caracterizada por la incorporación progresiva de materiales desde la base del acantilado, formando un terraplén extenso. Al igual que en los sectores vecinos, para su construcción se dispusieron los materiales de los conos de derrubios del propio acantilado, además de excedentes de excavación en Lima, principalmente de la Vía Expresa. El mayor desarrollo del terraplén se presenta en las playas sur del sector, específicamente en Los Delfines donde este alcanzó un ancho promedio de 15 m.

El año 1986 marca un cambio importante en la morfología de la costa, pues se extendió aún más el terraplén en todo el bloque hasta alcanzar un ancho promedio de 100 m en Orrantia del Mar y casi 80 m en Los Delfines en 1990. El proceso de ampliación del terraplén se mantuvo aunque con menor intensidad hasta 1995.

La línea de costa muestra un único e intenso periodo erosivo entre 1995-1999. Particularmente afectadas resultaron las playas Orrantia del Mar y Marbella, donde la velocidad de repliegue alcanzó -12,81 m/a y -10,06 m/a respectivamente.

Una última ampliación del terraplén, situó la línea de costa en la posición de máximo avance en 2005. En este momento el ancho del terraplén adquiere sus mayores dimensiones, entre 108-120 m en las tres playas, identificando secciones con 153 m de ancho en Marbella. Dado que la progresión máxima de la costa se alcanzó recién en el año 2005, los valores del parámetro Amplitud de Desplazamiento delimitan la faja del terraplén costero, además de concordar casi perfectamente con los del Desplazamiento Neto de la Línea de Costa entre 1944 y 2005.

La secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas Los Delfines, Orrantia del Mar y Marbella es presentada a manera de síntesis en la TABLA XXV, TABLA XXVI y TABLA XXVII.

TABLA XXV - Síntesis variación temporal playa Los Delfines 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	0,54	7,60	C	NN	-
1974	0,25	11,66	T, C	H	T, Ep
1976	1,70	15,07	T, C	N	T, Ep
1986	-0,06	14,50	T, C	H	T
1990	16,10	78,92	T, C	H	T
1995	1,75	87,67	T, C	H	T
1999	-2,52	77,58	T, C	E	T
2005	5,11	108,24	T, C	H	T

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXVI - Síntesis variación temporal playa Orrantia del Mar 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	0,22	3,10	C	NN	-
1974	0,49	10,96	T, C	H	T
1976	1,14	13,24	T, C	N	T
1986	-0,08	12,48	T, C	H	T, Ep
1990	22,17	101,15	T, C	H	T
1995	2,64	114,36	T, C	H	T
1999	-12,81	63,10	T, C	E	T
2005	9,33	119,06	T, C	H	T

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXVII - Síntesis variación temporal playa Marbella 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	0,18	2,52	C	NN	-
1974	0,36	8,27	T, C	H	T
1976	-0,51	7,25	T, C	N	T
1986	-0,13	5,99	T, C	H	T, Ep
1990	8,55	40,19	T, C	H	T
1995	1,46	47,51	T, C	H	T
1999	-10,06	7,26	T, C	E	T
2005	18,56	118,61	T, C	H	T

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 29 grafica la secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas Los Delfines, Orrantia del Mar y Mar Bella, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.



Fig. 29: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Los Delfines, Orrantía del Mar y Marbella 1944-2005.

8.1.10 Playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto

Análogamente al sector previamente descrito, la construcción y ampliación del terraplén costero condiciona fundamentalmente el desarrollo de la línea de costa, pero en este caso la construcción del mismo data recién de los últimos años de la década 1990.

Se observa una primera fase de avance de la línea de costa entre 1990-1995, resultando especialmente modificada la playa Puericultorio Pérez Aranibar; el ancho medio del terraplén en esta unidad pasó a medir 31,93 m en 1990.

El mismo periodo erosivo entre 1995-1999 observado en el sector anterior, provocó en este cambios más importantes en las tres unidades; la unidad Puericultorio Pérez Aranibar resultó especialmente modificada, mostrando la tasa de repliegue más alta del bloque (-7,16 m/a) y la pérdida de aproximadamente 30 m del terraplén por erosión.

Igualmente la posición de máxima progresión en 2005 se logró gracias a la ampliación del terraplén.

El balance entre 1944 y 2005 según el Desplazamiento Neto de la Línea de Costa indica progresiones promedio de 95,43 m, mostrando secciones del terraplén de hasta 158 m en la playa López Solís (cfr. Fig. 30).

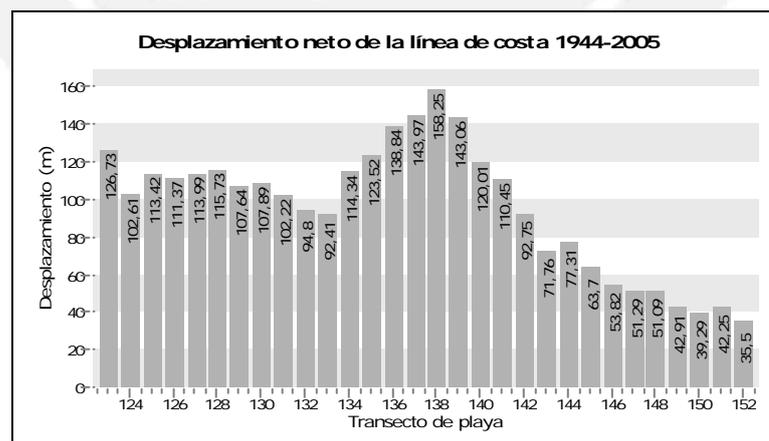


Fig. 30: Desplazamiento neto de la línea de costa playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto 1944-2005 (cálculo y diseño propio).

La secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto es presentada a manera de síntesis en la TABLA XXVIII, TABLA XXIX y TABLA XXX.

TABLA XXVIII - Síntesis variación temporal playa Puericultorio Pérez Aranibar 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-0,06	-0,88	C	NN	-
1974	0,91	13,62	C	NN	-
1976	-0,75	12,11	C	NN	-
1986	0,02	12,27	C, T?	H?	T?
1990	7,98	44,20	T, C	H	T, Ep
1995	-0,30	42,71	T, C	N	T, Ep
1999	-7,16	14,05	T, C	E	T, Ep
2005	15,67	108,07	T, C	H	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXIX - Síntesis variación temporal playa López de Solís 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-1,12	-15,62	C	NN	-
1974	0,50	-7,57	C	NN	-
1976	1,20	-5,16	C	NN	-
1986	0,11	-4,05	C	NN	-
1990	1,08	0,27	T, C	H	T, Ep
1995	1,57	8,12	T, C	N	T, Ep
1999	-2,81	-3,11	T, C	E	T, Ep
2005	20,13	117,66	T, C	H	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXX - Síntesis variación temporal playa Bertolotto 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-2,59	-36,23	C	NN	-
1974	1,02	-19,94	C	NN	-
1976	0,60	-18,74	C	NN	-
1986	-0,07	-19,40	C	NN	-
1990	1,64	-12,86	T, C	H	T, Ep
1995	-0,08	-13,24	T, C	N	T, Ep
1999	-1,17	-17,93	T, C	E	T, Ep
2005	10,90	47,48	T, C	H	T, Ep

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 31 grafica la secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.

8.1.11 Playas Costanera Sur y Costanera Norte

Se distingue una primera fase de desarrollo entre 1944-1986, caracterizada por la estabilidad de la línea de costa, donde no se presentan evidencias de erosión, ni de intervención antrópica que modifique su morfología. Exceptuando ligeras variaciones inferiores al orden de los 2 m de desplazamiento, la morfología de la línea de costa mantiene su posición y características en ambas unidades.

Una fase erosiva entre 1986-1990 afecta a ambas unidades por igual, donde la remoción de los materiales de playa se da a una velocidad promedio de 2,25 m/a. Muy probablemente la construcción de la vía avenida Costanera durante la segunda mitad de la década de 1980 haya condicionado este evento. Para su construcción fue recortada la sección superior del acantilado y removidos los materiales de derrubio hasta dejar solo una plataforma base a manera de muesca. En promedio 8,11 m y 10,15 m de esta plataforma fueron erosionadas entre estos años en las unidades Costanera Sur y Costanera Norte respectivamente.

La incorporación sistemática de nuevos materiales sobre la base erosionada permitió frenar este proceso y para el año 2005 se alcanzó un avance de la línea de costa de 34,18 m en la unidad Costanera Sur. Mediante el mismo mecanismo se logra también una progresión de 10,58 m para 1999 en la Costanera norte; sin embargo, a diferencia de la unidad anterior, esta experimenta un periodo erosivo entre 1999-2005, en el que la línea de costa se repliega a una tasa aproximada de 1,11 m/a.

La Tasa de Cambio Final para la unidad Costanera Norte es 0,03, teniendo un avance promedio de solo 1,73 m la unidad concentra en los 8 transectos del extremo norte, la sección que experimenta el mayor retroceso, alcanzando el pico de -22,10 m (cfr. Fig. 32).

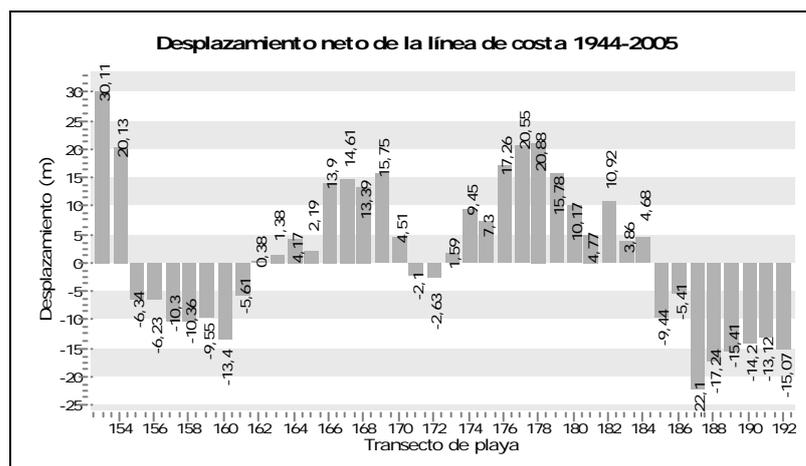


Fig. 32: Desplazamiento neto de la línea de costa playas Costanera Sur y Costanera Norte 1944-2005 (cálculo y diseño propio).

El carácter erosivo del bloque, se manifiesta al contrastar los resultados del Desplazamiento Neto de la Línea de Costa y la Amplitud de Desplazamiento. La diferencia entre ambos parámetros representa los metros de playa erosionados, principalmente a partir del año 1999.

La secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas Costanera Sur y Costanera Norte es presentada a manera de síntesis en la TABLA XXXI y TABLA XXXII.

TABLA XXXI - Síntesis variación temporal playa Costanera Sur 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-3,44	-48,21	C	NN	-
1974	1,34	-26,74	C	NN	-
1976	0,51	-25,72	C	NN	-
1986	-0,04	-26,12	C	NN	-
1990	-2,03	-34,23	C	E	-
1995	0,65	-30,99	C	P	-
1999	1,33	-25,66	C	P	-
2005	4,28	0,05	T, C	H	T

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXXII - Síntesis variación temporal playa Costanera Norte 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-0,22	-3,12	C	NN	-
1974	0,89	11,14	C	NN	-
1976	-2,83	5,47	C	NN	-
1986	-0,01	5,33	C	NN	-
1990	-2,53	-4,81	C	E	-
1995	1,26	1,49	C	P	-
1999	1,07	5,77	C	P	-
2005	-1,11	-0,87	C	P	-

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 33 grafica la secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas Costanera Sur y Costanera Norte, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.



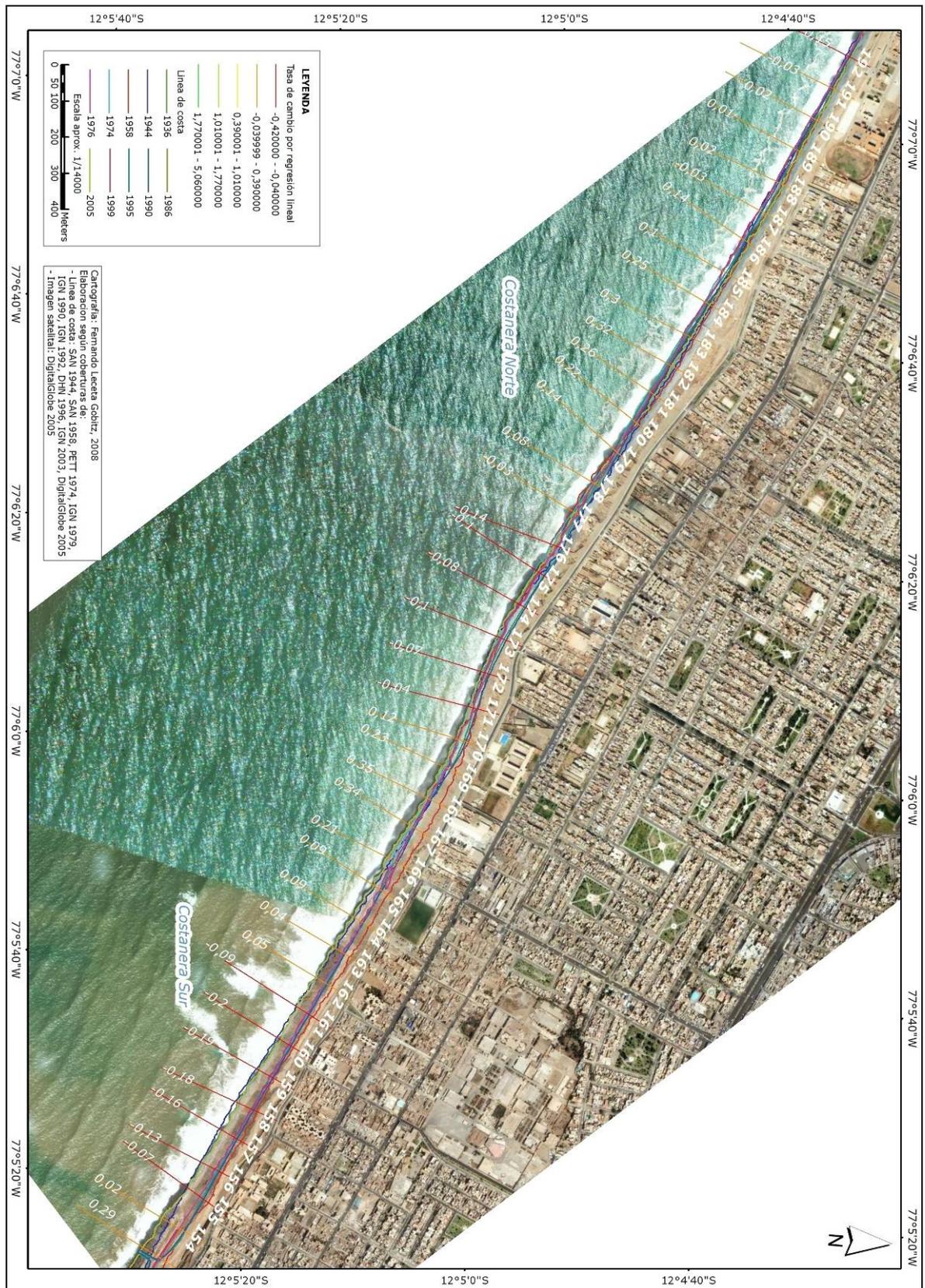


Fig. 33: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas Costanera Sur y Costanera Norte 1944-2005.

8.1.12 Playa La Mar Brava Sur

Los periodos 1944-1958 y 1999-2005 proporcionan en definitiva el carácter erosivo a este sector de la bahía, siendo este el retroceso más importante de toda la bahía. En este sentido la morfología del acantilado costero en este sector de la bahía, su ubicación en ambiente de gran oleaje, y la nula intervención del hombre fueron factores que condicionaron el desarrollo de este sector.

A lo largo de la serie, la unidad se mostró siempre como una rectilínea playa de materiales gruesos en un contexto de un escarpe de poca altura, en la que el repliegue de la línea de costa se produjo mediante el desmantelamiento progresivo del escarpe y la remoción de estos sedimentos por el oleaje (cfr. Fig. 34).

La acumulación de arenas no ocurrió principalmente por la mínima disponibilidad de sedimentos finos, aunque también debido a la ausencia de estructuras dedicadas a su protección contra el oleaje y a la formación de nuevas playas.



Fig. 34: Vista general de La Perla Alta y La Perla Baja. Obsérvese una disminución progresiva de la altitud del acantilado costero (SAN 1945).

Si bien el cambio más importante se registra al término de la serie, el bloque reporta la primera gran modificación entre 1944-1958, cuando el repliegue de la costa promedió - 15,28 m en todo el frente de playa.

La principal estructura afectada durante este periodo inicial fue la vía Av. Costanera. Si bien la cartografía muestra aún en 1954 el trazado de esta vía, su deterioro data probablemente de inicios de esta década, presumiblemente como una consecuencia de este periodo erosivo; esta idea podría ser corroborada al contrastarla con las tasas de erosión en este sector y los sectores contiguos. El deterioro propiamente de la vía aún no es evidente en 1958, no obstante esta ya se muestra interrumpida entre el Callao y La Perla. La pérdida de 1980 m de esta vía y la inhabilitación de otra sección de 250 m se relaciona a la erosión del borde superior del escarpe y a la consecuente inestabilidad de esta sección (cfr. Fig. 35).

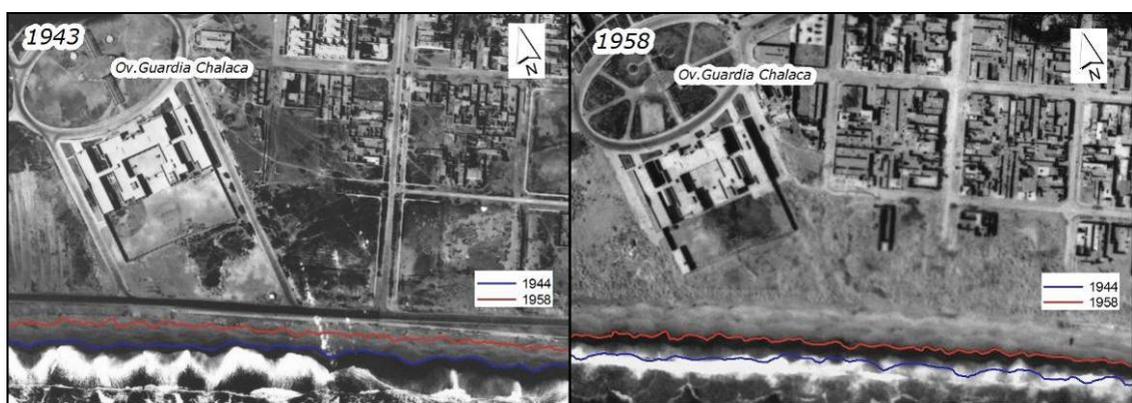


Fig. 35: Desmantelamiento vía Av. Costanera por retroceso de la línea de costa entre 1944-1958, la sección más deteriorada se aprecia en la cercanía al Óvalo Guardia Chalaca (SAN 1944, SAN 1958).

Tras una prolongada fase sin cambios importantes, la segunda fase erosiva se manifiesta débilmente desde 1995, pero es durante el periodo 1999-2005 cuando se rompe abruptamente el estado de equilibrio. Todo el frente de costa es erosionado uniformemente a una velocidad promedio de $-4,08$ m/a. Tomando en cuenta que el área total erosionada fue calculada en 83.355 m², y que la sección superior del escarpe se encuentra a 5 msnm, el volumen total de sedimentos removidos alcanzaría los del 416.775 m³ (cfr. Fig. 36).



Fig. 36: Sección de la costa erosionada entre 1995-2005 playa La Mar Brava Sur. La gráfica indica el desplazamiento esperado de la línea de costa para el periodo 2005-2011 (DHN 1996, DigitalGlobe 2005).

Al evaluar las posiciones de la línea de costa al inicio y fin de la serie, el balance según la Tasa de Cambio Final es claramente el más bajo de toda la bahía (-0,44), y también es la única playa de la bahía en mostrar valores negativos en todos sus transectos. El Desplazamiento Neto de la Línea de Costa promedió -26,75 m entre 1944-2005, mostrando en el norte de la unidad secciones donde el retroceso alcanzó casi -40 m (cfr. Fig. 37).

El carácter erosivo del bloque se manifiesta igualmente al contrastar los resultados del Desplazamiento Neto de la Línea de Costa y la Amplitud de Desplazamiento. Particularmente notorio es el caso de este bloque, donde la amplitud total de desplazamiento equivale prácticamente a la sección de acantilado erosionada, principalmente a partir de 1999.

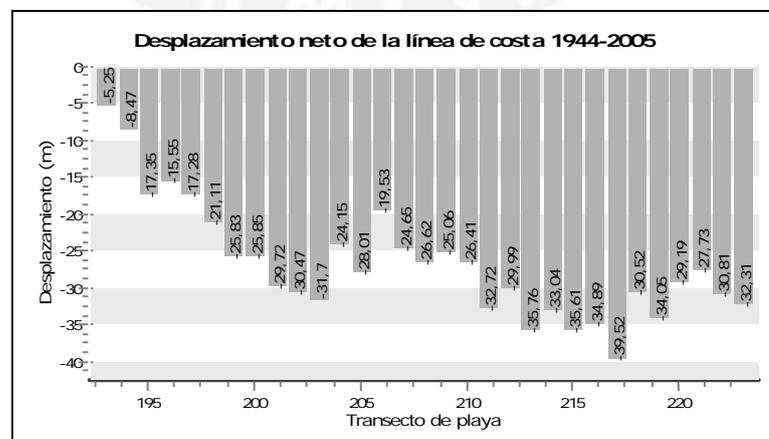


Fig. 37: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Mar Brava Sur 1944-2005 (cálculo y diseño propio).

La secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en la playa La Mar Brava Sur es presentada a manera de síntesis en la TABLA XXXIII.

TABLA XXXIII - Síntesis variación temporal playa La Mar Brava Sur 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-1,09	-15,28	C	NN	-
1974	0,63	-5,19	C	NN	-
1976	-0,82	-6,83	C	NN	-
1986	0,02	-6,63	C	NN	-
1990	0,13	-6,09	C	NN	-
1995	0,08	-5,69	C	NN	-
1999	-0,22	-6,57	C	E	-
2005	-4,08	-31,04	C	E	-

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 38 grafica la secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en la playa La Mar Brava Sur, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.

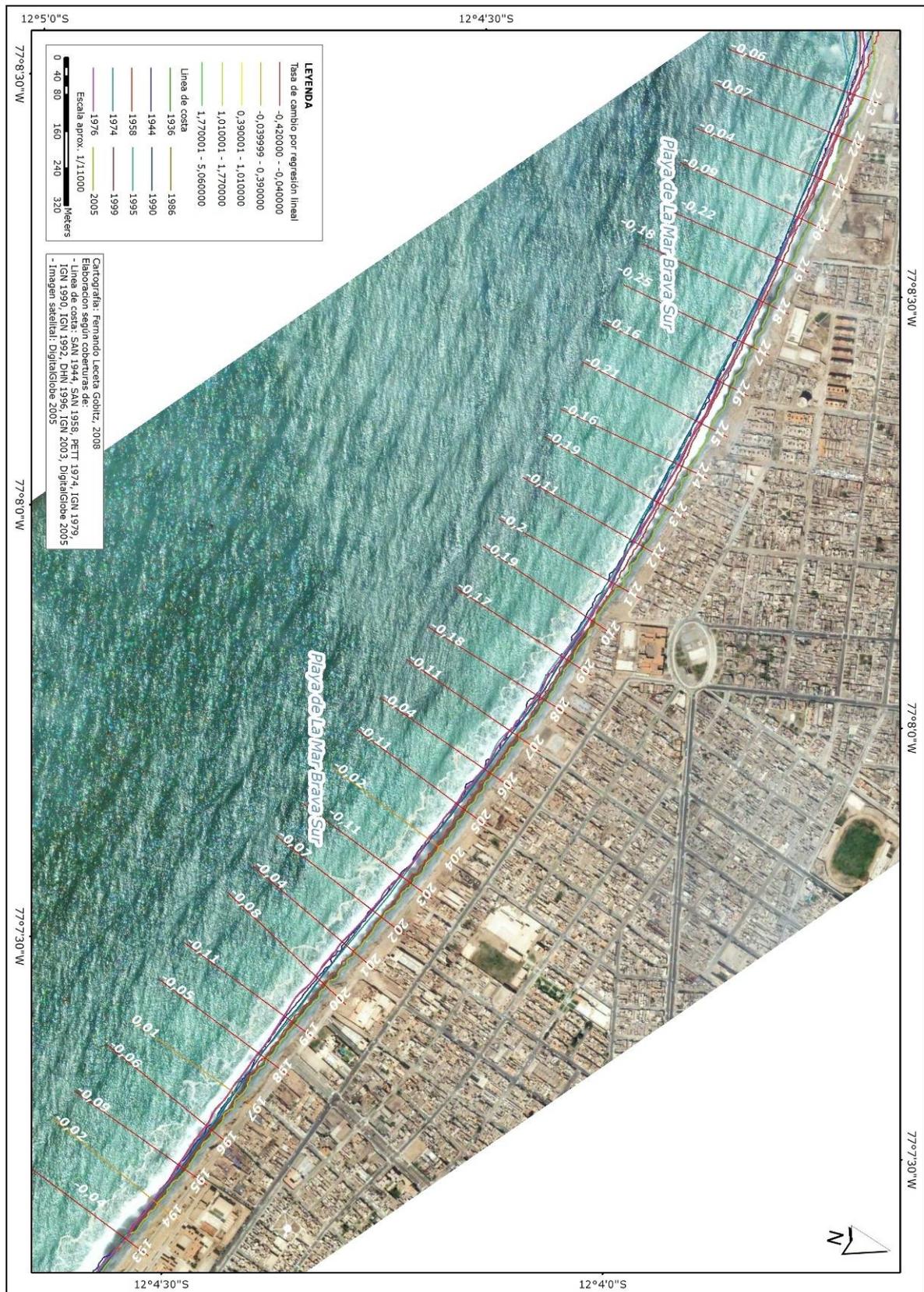


Fig. 38: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playa La Mar Brava Sur 1944-2005.

8.1.13 Playas La Mar Brava Norte y Carpayo

Un intenso episodio de erosión y una consecuente intervención antrópica en este espacio, definieron tempranamente la actual morfología de playa en este sector. Estas transformaciones se contextualizan en un ambiente de fuerte oleaje y una morfología de costa muy sensible ante estos procesos. El pequeño escarpe de 3 msnm del sector La Mar Brava Sur desaparece por completo en este sector y pasa a convertirse en una explanada que normalmente se encuentra a ≤ 1 msnm. Periodos como el de 1944-1958 (repliegue promedio de -9,73 m), tienden a intensificar sus efectos cuando no encuentran una barrera natural que puede absorber la energía descargada durante la rompiente. Por ello se construyeron entre 1962-1974 tres espigones de defensa en forma de “T”, dispuestos desde una base construida en forma de cúspide. La forma resultante de la unidad muestra desde entonces tres pequeñas ensenadas alternando junto a estos espigones. Esta constituye la única intervención antrópica en el sector.

A pesar de que en adelante alternaron episodios de sedimentación y erosión, el balance arrojado por la Tasa de Cambio Final muestra una ligera tendencia a la erosión (EPR - 0,02), pero sin que la forma de la línea de costa sea severamente modificada. La morfología al interior de las ensenadas tampoco presentó diferencias importantes entre ellas a lo largo de la serie, aunque evidentemente los retrocesos se muestran en concordancia con las ensenadas. Los periodos erosivos más importantes fueron los de 1974-1976 y 1995-1999, siendo el primero el más intenso de la serie.

La secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas La Mar Brava Norte y Carpayo es presentada a manera de síntesis en la TABLA XXXIV y TABLA XXXV.

TABLA XXXIV - Síntesis variación temporal playa La Mar Brava Norte 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-0,76	-10,69	C	E	-
1974	2,17	23,98	C	H	Rp
1976	-16,06	-8,13	C	E	Rp
1986	0,04	-7,71	C	N	Rp
1990	3,12	4,78	C	P	Rp
1995	0,25	6,01	C	P	Rp
1999	-1,51	-0,03	C	E	Rp
2005	-0,39	-2,39	C	P	Rp

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXXV - Síntesis variación temporal playa Carpayo 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-0,63	-8,77	C	E	-
1974	1,27	11,48	C	H	T
1976	-13,54	-15,59	C	E	Rp
1986	0,03	-15,33	C	N	Rp
1990	4,58	2,98	C	P	Rp
1995	-0,69	-0,45	C	N	Rp
1999	-2,09	-8,80	C	E	Rp
2005	1,84	2,25	C	N	Rp

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natural, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espiqón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

8.1.14 Playas La Arenilla y Malecón Prado

Análogamente a lo observado en la playa La Mar Brava Norte, la modificación de la línea de costa en La Arenilla durante la década de 1960 formó parte de las medidas de protección a los problemas de erosión observados hasta al menos el año 1958. Únicamente el periodo 1944-1958 registró el repliegue de -12,89 m de playa, siendo erosionada a una tasa promedio de -0,92 m/a. Dentro de las formas de intervención estuvieron el enrocado de la playa y la construcción de un rompeolas en paralelo a la unidad La Arenilla a inicios de la década 1960. Se trata de un rompeolas compuesto por dos brazos 500 m y 750 m, inicialmente abierto en tres puntos que permiten el ingreso de agua de mar, formando una laguna artificial de agua salada; la boca central fue posteriormente rellenada (cfr. Fig. 39).

La unidad Malecón Prado experimentó también el avance de la costa por intervención humana, pero a diferencia de la unidad La Arenilla esta no obedece a los problemas de erosión durante el periodo inicial, sino más bien a un deseo de ampliar el área del malecón. Entre 1974-1976 se incorporaron materiales, con lo que la línea de costa avanzó 92,73 m respecto a su posición en 1944; este espacio fue aprovechado para la ampliación de la sede de la Escuela Naval. Asimismo la unidad soportó una fase erosiva al menos desde 1990, con pérdidas de hasta 13,6 m de costa; la tasa máxima de retroceso alcanzó los -2,24 m/a entre 1990-1995. Una modificación en 1999 en respuesta a esta fase erosiva, alejó posteriormente la costa 21,44 m mar adentro (cfr. Fig. 40).



Fig. 39: Pérdida de playa por retroceso de la línea de costa y posterior construcción de rompeolas playa La Arenilla (SAN 1944, SAN 1958, DigitalGlobe 2005).

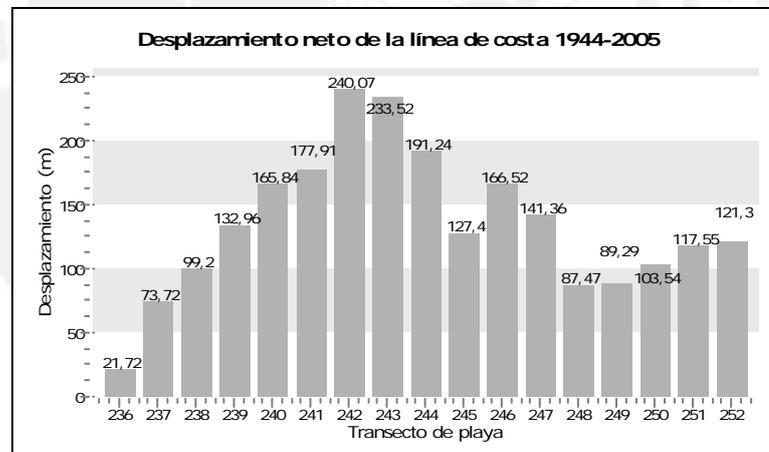


Fig. 40: Desplazamiento neto de la línea de costa playa La Mar Brava Sur 1944-2005; obsérvese el área de playa ganada es la mayor en toda la bahía (cálculo y diseño propio).

El efecto combinado del periodo inicial y la posterior construcción del rompeolas, hacen de este sector el segundo de mayor Amplitud de Desplazamiento en toda la bahía (SCE 153 m) y la segunda mayor progresión hacia el mar después de Agua Dulce (NSM 132,89 m). A la fecha el bloque se mantiene estable y sin cambios, por ello se le considera una experiencia exitosa de intervención frente a un oleaje típicamente intenso.

La secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas La Arenilla y Malecón Prado es presentada a manera de síntesis en la TABLA XXXVI y TABLA XXXVII.

TABLA XXXVI - Síntesis variación temporal playa La Arenilla 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	-0,92	-12,89	C	E	-
1974	8,18	117,91	R	N	Rp
1976	2,70	123,31	R	N	Rp
1986	-0,03	123,04	R	N	Rp
1990	-0,92	119,35	R	N	Rp
1995	-1,39	112,40	R	N	Rp
1999	1,72	119,30	R	N	Rp
2005	-0,53	116,14	R	N	Rp

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natura, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

TABLA XXXVII - Síntesis variación temporal playa Malecón Prado 1944-2005.

Año	Tasa de desplazamiento promedio (m/a)	Desplazamiento acumulado (m)	Sedimento de playa	Proceso	Estructura costera
1944	0,00	0,00	C	NN	-
1958	0,13	1,78	C	NN	-
1974		1,78			
1976	5,05	92,73	C	H	T
1986	-0,06	92,14	C	N	T
1990	1,92	99,82	C	N	T
1995	-0,79	95,88	C	N	T
1999	-2,24	86,92	C	N	T
2005	3,57	108,36	C	N	T

Sedimentos de playa: A=arenas, G=gravas, C=cantos, T= material del terraplén, R=rocas y bloques
Procesos: NN=neutro natural, SN=sedimentación natura, SI=sedimentación inducida,
H=modificación antrópica, E=erosión, P=progresión otros
Estructuras costera: Ep=Espigón, M=muelle, Rp=rompeolas, T=terraplén

La Fig. 41 grafica la secuencia de cambios observados entre 1944-2005 en las playas La Arenilla, Malecón Prado, La Mar Brava Norte y Carpayo, además de indicar las tasas de cambio según regresión lineal a nivel de transectos.

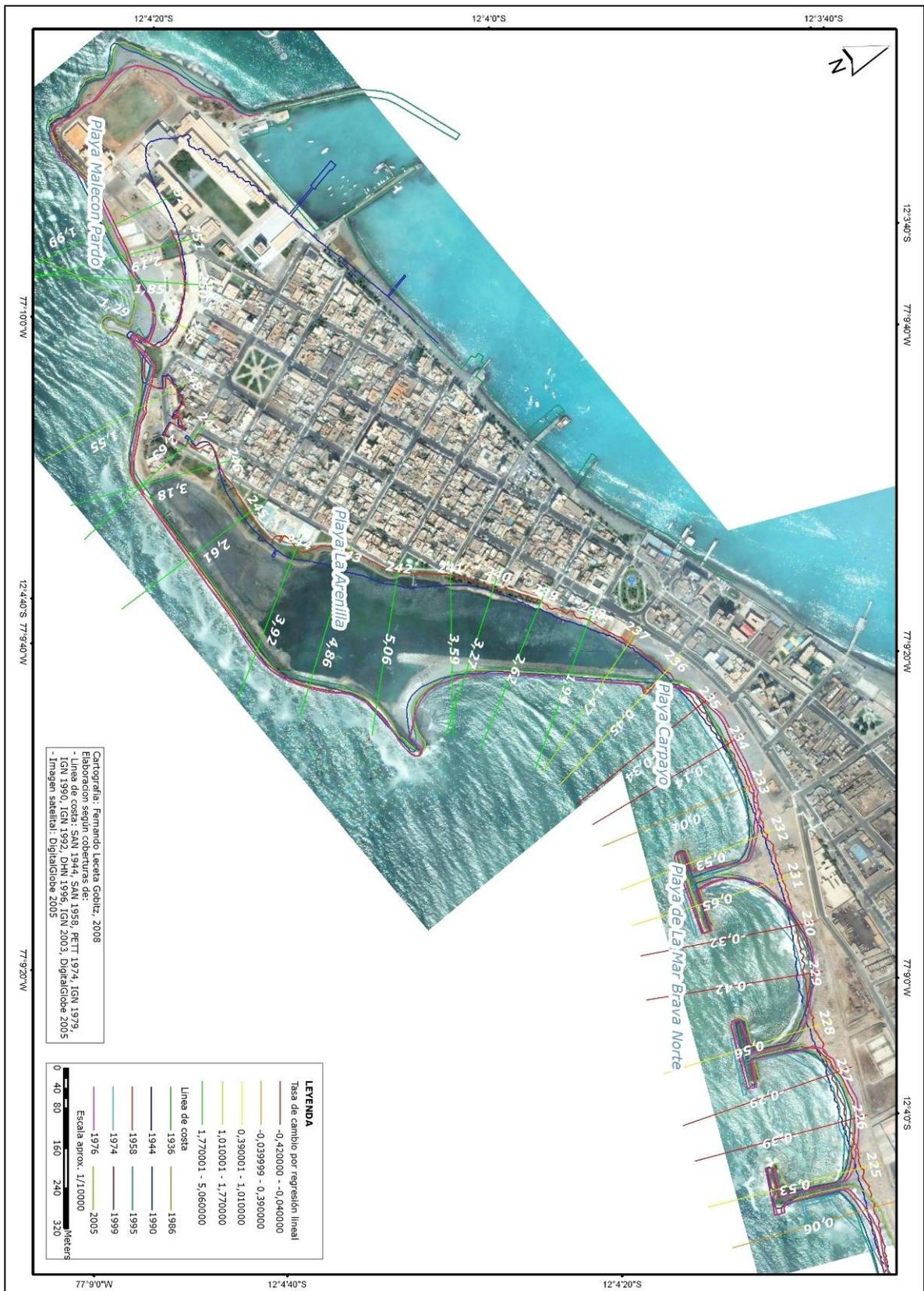


Fig. 41: Variación temporal de la línea de costa y tasas de cambio según regresión lineal sector playas La Mar Brava Norte, Carpayo, La Arenilla y Malecón Prado 1944-2005.

8.2 Características actuales del conjunto de playas de la ensenada de Chorrillos

La TABLA XXXVIII, TABLA XXXIX, TABLA XL y TABLA XLI presentan la síntesis de los resultados del trabajo de campo realizado entre mayo y junio del año 2007. Los datos buscan mostrar los rasgos morfológicos e hidrodinámicos actuales del conjunto de playas ubicadas en la ensenada de Chorrillos, con la finalidad de proponer posteriormente una clasificación del conjunto de playas. La información generada permitió asimismo conocer el margen de error requerido durante el proceso de análisis en Sistema de Información Geográfica.

8.2.1 Rasgos morfológicos

Si bien existe una tendencia general al incremento de la pendiente en las playas unidas al norte de la ensenada, se hallan variaciones en los perfiles al interior de cada playa y variaciones entre el conjunto de playas de arenas y el conjunto de playas de cantos rodados (cfr. TABLA XXXVIII).

En las playas de arena del sur de la ensenada la pendiente tiende a incrementarse en sentido sur-norte. Al observar los perfiles de cada una de estas playas, puede notarse ellos tienden a decrecer hacia el extremo norte de cada playa. En este sentido la presencia de los espigones tendría un efecto determinante, pues es justamente en esta sección donde el espigón logra retener la mayor cantidad de sedimentos. En el extremo sur de cada playa, los materiales son retirados y arrastrados hacia el mar y en forma paralela al espigón norte de cada unidad. Luego un porcentaje de estos se distribuye en la playa vecina sur y otra en la zona adyacente a la punta del espigón. De ahí que el perfil sur de cada playa de arena sea más inclinado.

Inversamente a lo observado en el grupo de playas de arenas, las playas de cantos rodados y gravas entre Piedritas y La Pampilla Sur muestran perfiles de playa en general bastante más empinados, con una sección norte bastante más elevada que las del sur. Estas características tienden a ser más evidentes en sentido sur-norte, siendo este rasgo particularmente intenso en las playas del norte de la ensenada. La playa Redondo se muestra como la única excepción a esta tendencia.

Estas características estarían en directa relación con la granulometría de playa, respectivamente con la intensidad del oleaje. Al igual que la pendiente, la tendencia general es al aumento del tamaño del grano en sentido sur-norte en la ensenada (cfr TABLA XXXIX).

Las Playas Las Cascadas y Piedritas marcan un cambio importante en la morfología de las playas de la ensenada, pues la primera se muestra actualmente como la playa de arenas ubicada más al norte, mientras que la segunda es la primera playa de cantos rodados. Las variaciones en el tamaño del grano al interior de cada unidad no es muy evidente. Solo pequeñas diferencias en la granulometría pueden ser identificadas en las playas de cantos rodados, donde el grano tiende a ser mayor en los perfiles norte de cada playa.

TABLA XXXVIII - Rasgos morfológicos actuales de playas en la ensenada de Chorrillos.

PLAYA	MORFOLOGÍA DE PLAYA					
	LONGITUD PLAYA (M)	ORIENTACIÓN	ANCHO PLAYA (M)	DISTANCIA ENTRE CÚSPIDES (M)	PENDIENTE (°)	
Pescadores	100	NSW-SNE	48,0	46	2,4	
Agua Dulce	700	S-N	28,5	28,9	3,14	
			51,0		1,94	
			57,0	42,5	1,23	
Sombrillas	305	SSE-NNW	42,0	20	2,33	
			45,0		1,79	
Yuyos	419	SSE-NNW	13,5	21	7,38	
			45,0		2,61	
Barranco	725	S-N	20,0	47	-	
			SSE-NNW	33,0		-
				20,0		-
Barranquito-Las Cascadas	600	SE-NW	15,0	30	5,78	
			19,2		3,87	
Piedritas	240	SSE-NNW	13,5	17,6	5,75	
			18,0		7,73	
Estrella	430	SSE-NNW	15,0	25	9,5	
			21,0		9,62	
Redondo	600	NSE-SNW	24,0	20,6	10,97	
			25,0	28	8,78	
			16,5	11	11,09	
Makaha	254	SE-NW	12,0		13,29	
			18,0	23	7,42	
Waikiki	260	SE-NW	13,5		12,14	
			16,5	18	5,19	
Pampilla Sur	440	SE-NW	16,5	18	5,19	
		NSE-SNW	15,0	17	12,77	

TABLA XXXIX - Sedimentos de playa en la ensenada de Chorrillos

PLAYA		SEDIMENTOS DE PLAYA					
		PLAYA POSTERIOR		BERMA		PLAYA ANTERIOR	
NOMBRE	PERFIL	CLASE TEXTURAL	DIÁMETRO (MM)	CLASE TEXTURAL	DIÁMETRO (MM)	CLASE TEXTURAL	DIÁMETRO (MM)
Pescadores	centro	AF	0,177-0,250	AF	0,177-0,250	AF	0,177-0,250
Agua Dulce	sur	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350
	centro	AM	0,350-0,500	AM	0,350-0,500	AM	0,250-0,350
	norte	AG	0,500-0,710	AM	0,350-0,500	AM	0,350-0,500
Sombrillas	sur	-	-	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350
	centro	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350
	norte	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350
Yuyos	sur	Gv	40 (60-30)	BI	200-750	AM	0,250-0,350
	norte	AM	0,350-0,500	AM	0,350-0,500	AM	0,250-0,350
Barranco	sur	-	-	AF / CR	0,177-0,250 / 80 (50-180)	AF / Gv	0,177-0,250 / 22,5 (20-25)
	centro	-	-	AM / CR	0,250-0,350 / 70 (15-100)	AM / Gv	0,250-0,350 / 12,5 (10-15)
	norte	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350	AM	0,350-0,500
Barranquito- Las Cascadas	sur	AM	0,350-0,500	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350
	norte	AM	0,350-0,500	AM	0,250-0,350	AM	0,250-0,350
Piedritas	centro	CR	80 (40-140)	CR	70 (50-140)	Gv	60 (30-90)
Estrella	sur	CR	90 (50-130)	CR	97,5 (45-150)	Gv	13 (1-25)
	norte	CR	120 (80-160)	CR	130 (40-220)	CR	170 (50-290)
Redondo	sur	CR	80 (45-150)	CR	90 (40-160)	CR	67 (50-90)
	centro	CR	80 (30-150)	Gv	30 (10-53)	Gn	27 (13-60)
	norte	Gv	30 (4-85)	Gv	35 (7-65)	AMG	1,410-2,000
Makaha	sur	CR	85 (50-155)	CR	90 (20-125)	Gv	30 (20-70)
	norte	CR	80 (40-130)	CR	70 (50-130)	Gv	30 (20-70)
Waikiki	sur	AG / Gv	0,710-1,000 / 30 (10-70)	AG / Gv	0,710-1,000 / 50	AMG	1,410-2,000
	norte	Gv	23 (20-50)	Gv	40 (15-50)	Gv	20 (10-75)
Pampilla Sur	sur	CR	70 (20-100)	AMG	1,000-1,410	AMG	1,000-1,410
	norte	CR	80 (35-160)	CR	60 (40-130)	Gv	40 (25-60)

Clase textural: AF= arena fina, AM=arena media, AG=arena gruesa, AMG=arena muy gruesa, Gn= gránulos, Gv=gravas, CR=cantos rodados (guijarros);, BI=bolones (pedruscos)

8.2.2 Características hidrodinámicas

Dentro de la ensenada de Chorrillos se hace evidente la relación existente entre el grado de exposición de la línea de costa y las características hidrodinámicas de las playas. En este sentido la presencia del conjunto el Morro Solar y el fenómeno de refracción de ondas juegan un rol importante en la gradación de la intensidad del oleaje (cfr. Cap. 5.6).

Uno de los efectos es el incremento de la intensidad del oleaje en sentido sur-norte, tanto en la altura de las olas como el tipo de rompientes de estas (cfr. TABLA XL). Un progresivo aumento en la altura de olas hace que el grupo de playas Barranquito-Las Cascadas muestre olas con alturas superiores a 1 m y que las alturas de las mismas alcancen los valores más altos entre Waikiki y Makaha. Si bien no se observa un patrón bien definido en el tipo de rompiente, vale resaltar las rompientes de tipo Ondula de las playas del extremo norte de la ensenada (Estrella-Waikiki), directamente relacionadas con el mayor grado de inclinación de sus perfiles. En el extremo sur de la ensenada, la reducida

pendiente del fondo en la zona de rompiente define olas predominantemente de tipo en Derrame, típicamente caracterizadas por una disipación progresiva de la energía durante la ruptura de la ola. Las alturas de las mismas no alcanza 1 metro.

La deriva litoral en la ensenada de Chorrillos muestra tendencia de desplazamiento hacia el norte. Aquellas playas ubicadas en el extremo sur presentan las mayores velocidades de desplazamiento, siendo las de mayor capacidad de transporte de materiales. La playa La Pampilla sur aparece como el límite norte de las playas con estas características. Al norte de esta playa este efecto se pierde casi por completo debido a la coincidencia frontal del tren de olas y la línea de costa.

TABLA XL Características hidrodinámicas del conjunto de playas en la ensenada de Chorrillos

PLAYA	FECHAS DE OBSERVACIÓN	HIDRODINÁMICA					
		OLEAJE				DERIVA LITORAL	
		ALTURA (m)	PERIODO (seg.)	ANGULO DE INCIDENCIA (°)	TIPO DE ROMPIENTE	DIRECCIÓN	VELOCIDAD (m/s.)
Pescadores	27.05.2007	0,280	11,30	35	en voluta	no definida	-
Agua Dulce	27.05.2007	0,6	13,30	0	derrame / en voluta	sur	0,090
Sombrillas	05.05.2007	0,600	10,17	0	derrame	norte	0,210
Yuyos	17.05.2007	0,480	8,20	15 / 0	derrame / en voluta	norte	0,170
Barranco	12.05.2007 01.06.2007	S.D.	S.D.	135 / 0	derrame	norte	0,013
Barranquito - Las Cascadas	02.05.2007	1,050	8,20	140 / 0	derrame / en voluta	norte	-
Piedritas	14.06.2007	0,800	14,13	0	en voluta / colapso	norte	0,077
Estrella	12.05.2007	1,250	7,30	15	derrame ondula /	norte	0,061
Redondo	05.05.2007 01.06.2007	1,110	12,80	0	derrame ondula /	S.D.	S.D.
Makaha	25.05.2007	1,230	14,10	20	derrame ondula /	norte	0,067
Waikiki	25.05.2007	1,200	11,67	35	ondula	norte	0,070
Pampilla Sur	05.05.2007 01.06.2007	0,625	20,40	0	derrame	sur	0,180

8.2.3 Uso del suelo predominante

Información complementaria sobre servicios, equipamiento y uso de suelo en este sector de la bahía (cfr. TABLA XLI) fue incluida con la finalidad de contextualizar la información recopilada. Con excepción de la playa Pescadores, donde la pesca artesanal y el comercio aparecen como la actividad más importante, la ensenada de Chorrillos es un espacio utilizado predominante como área de recreación y un eje de articulación vial urbana.

TABLA XLI - Uso del suelo predominante en el conjunto de playas de la ensenada de Chorrillos

PLAYA	USOS DEL SUELO		
	EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS	ACTIVIDADES EN LA PLAYA	OBSERVACIONES
Pescadores	E, M, MP, TP, R	Pesca artesanal, comercio	-
Agua Dulce	E, R, CD	Recreación, comercio	Erosión terraplén sector sur
Sombrillas	E, CD, P	Recreación	Erosión terraplén sector sur
Yuyos	E, SH, Ma	Recreación	Erosión terraplén sector sur
Barranco	AP, E, P, R, SH	Recreación, turismo	Empedramiento sector sur Recubrimiento de playa con material desmonte
Barranquito-Las Cascadas	AP, CD, E, MP, P, R	Recreación, turismo	Reducción área de playa: instalación complejo deportivo y centro turístico Erosión accesos peatonales y muro de protección
Piedritas	E, MP, P	Recreación	Erosión muro de protección sector sur
Estrella	E, P	Recreación	Erosión terraplén sector sur Deterioro espigón norte
Redondo	AP, E, MP, R	Recreación, turismo	Erosión muro de protección sector norte
Makaha	AP, E, R	Recreación, turismo	-
Waikiki	E, MP	Recreación	Erosión muro de protección sector sur
Pampilla Sur	E	Recreación	Erosión terraplén sector norte

Equipamiento y servicios: AP=accesos peatonales, CD=campo deportivo, M=muelle, Ma=marina, MP=muro de protección; P=parqueadero, R=restaurante, SH=servicio higiénico, TP=terminal pesquero

8.3 Proyección de escenarios 2011

8.3.1 La Herradura

Para el año 2011 se espera que la playa La Herradura mantenga la tendencia erosiva mostrada. La estimación elaborada a partir de la secuencia 1974-2005 espera aún un retroceso promedio de la línea de costa de -6,09 m con respecto a lo observado en el 2005 (cfr. Fig. 8 y Anexo A.1). Las secciones más afectadas serían la mitad sur de la subunidad sur y toda la sub unidad norte. Si bien los retrocesos en la subunidad sur se encuentran debajo del orden de los 6 m la sección no presenta un substrato rocoso superficial, por lo que el nivel medio de marea se situaría en la base de las estructuras el malecón y el club Samoa; la pérdida de estabilidad de estas estructuras estaría asociada al efecto combinado de la remoción del material de soporte tanto por episodios de oleaje anómalo como por el oleaje regular y a la falta de nuevos sedimentos repuestos sobre la cara de la playa. La sección central de la subunidad norte experimentaría los mayores retrocesos de la unidad, hasta -19,61 m no obstante, esta sección alcanzaba ya en el 2005 el substrato rocoso en los extremos, por lo que solo es probable que el repliegue de la línea se concentre en la sección central conformada por materiales no consolidados como gravas.

8.3.2 La Mar Brava

Se trata sin duda de la sección de la bahía con los procesos erosivos más intensos, y evidentes dado el nulo grado de intervención humana. Además de ello, muestra el mayor potencial de riesgo ante un desastre natural si considera la tendencia actual, la morfología del escarpe en este sector y el grado de ocupación de esta franja de costa.

Esta franja costera empezó a ser ocupada a inicios de la década de 1970, pero la utilización intensiva de este espacio como área de residencia data de los años 90. La Agrupación Canadá y el A.H. San Judas Tadeo soportan periódicamente los efectos del oleaje, más aun que la distribución de estas viviendas muchas veces se alinea a la forma algo sinuosa del borde superior del escarpe.

Un escenario hipotético en el año 2011 muestra un panorama también poco favorable para la ocupación de este espacio. Proyectando el comportamiento de la línea de costa a partir de la secuencia 1995-2005, se estima que esta siga replegándose aunque a menor ritmo (-2,25 m/a) (cfr. Anexo A.9). Según esta tendencia, la línea de costa se situaría a una distancia promedio de -13,51 m de su posición en 2005 (cfr. Fig. 36), resultando especialmente afectada la sección norte de la unidad; ello implica que eventualmente pueda superarse el frente de 4-6 m de altura del escarpe para ubicarse por detrás de este, donde la altitud promedio del terreno es de 1,3-3 msnm la ocurrencia periódica de mareas de tempestad, episodios de marea alta y eventualmente mareas de inundación por sismos son otros factores que acentuarían estos efectos.

9 Discusión e interpretación de resultados

9.1 Clasificación de playas según estadios actuales

La utilización de información cartográfica y la data recopilada en campo, permitió realizar una clasificación de toda la bahía según los niveles de análisis espacial sectores y bloques (cfr. TABLA XLII y Fig. 42). La misma se basó en los rasgos morfodinámicos actuales predominantes, en las variaciones temporales de la línea de costa entre 1936-2005, y en menor medida en la génesis de las playas. Con ello se busca demostrar que a pesar de que muchas playas han experimentado procesos morfodinámicos similares, ellas presentan diferencias entre sí a nivel de sectores y bloques. En tanto los estadios actuales son reflejo de las variaciones temporales de la línea de costa, la tasa de cambio por regresión lineal (LRR) es el parámetro utilizado para corroborar la validez de la clasificación propuesta.

TABLA XLII - Síntesis clasificación propuesta según estadios actuales

SECTOR	BLOQUE	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	PROCESOS ACTUALES
1	1	La Chira	Unidades que en estado natural forman playas de arena. La línea de costa nunca fue modificada para lograr su avance hacia el mar o el cambio en los materiales de playa.	E
	2	La Herradura		E
2	3	Club Regatas Lima, Pescadores, Agua Dulce, Las Sombrillas	Playas de arena formadas mediante su inducción con espigones. Actualmente no presentan problemas importantes de erosión ni sedimentación excesiva.	SI, E
3	4	Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito, Las Cascadas	Playas cuya máximo avance de la línea de costa se logró mediante la sedimentación arenosa inducida con espigones. Actualmente muestran un progresivo retroceso de la línea de costa y un cambio en los materiales de playa.	E
	5	Piedritas, Estrella, Redondo		E, NN
4	6	Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte, Tres Picos	Playas cuya línea de costa no ha sido modificada significativa a pesar de la construcción temprana de un terraplén.	NN
	9	Costanera Sur, Costanera Norte		H
5	7	Delfines, Orrantía del Mar, Marbella	Playas con una progresión importante de su línea de costa gracias a la construcción reciente de un terraplén costero.	H
	8	Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís, Bertolotto		H
6	10	La Mar Brava Sur	Playa con un retroceso importante de la línea de costa por la erosión del escarpe costero.	E
7	11	La Mar Brava Norte, Carpayo	Playas con un temprano repliegue de la línea de costa. Actualmente el retroceso ha sido controlado gracias a estructuras costeras de protección. Se observa un estado de equilibrio en la línea de costa.	E, NN
	12	La Arenilla, Malecón Prado		NN

Procesos: NN=neutro natural, SI=sedimentación inducida, H=modificación antrópica, E=erosión



Fig. 42: Clasificación propuesta para las unidades de la bahía según sectores y bloques.

9.2 Validación de la clasificación propuesta: intervalos de confianza y niveles de semejanza según tasa de cambio por regresión lineal

9.2.1 Semejanza según bloques

Aplicando intervalos de confianza a los valores LRR promedio de cada sector, pudieron definirse los siguientes niveles de semejanza a la clasificación propuesta (cfr. TABLA XLIII).

Sin semejanza: corresponde al conjunto de bloques que no presenta semejanza estadística con ningún otro bloque en la bahía. Fueron considerados como únicos, en tanto los valores LRR promedio de cada uno de estos muestran valores que no están incluidos dentro de los intervalos de confianza de cualquier otro bloque. Según esta validación, con ello se comprueba estadísticamente que los bloques 1, 3, 5, 6, 7, 8 y 10 son muy particulares y distintos entre sí. De este modo la clasificación propuesta según bloques es considerada como estadísticamente significativa para los mismos.

Semejanza con vecino no inmediato: no es posible determinar estadísticamente que los bloques 2, 4, 9, 11 y 12 sean singulares, en tanto sus valores LRR promedio traslapan los intervalos de confianza de otros bloques. No obstante la clasificación propuesta se considera igualmente válida en estos casos, pues no existe vecindad inmediata con ninguno de los bloques traslapados.

Semejanza con vecino inmediato: La media LRR calculada para el bloque 11 se muestra como incluida en el intervalo de confianza del bloque 10, por lo que no podrían ser considerados como estadísticamente distintos. Además de ello, el valor medio LRR asignado al bloque muestra tener problemas de semejanza con otros, siendo aquel con mayor número de traslapes con otros bloques, tres en total. Considerar el empleo de esta información por sí sola no invalida la clasificación propuesta, sin embargo deberían ser considerados los siguientes factores para un reajuste de la misma.

El reducido número de muestras (12 transectos) eleva el grado de incertidumbre asignado al bloque por LRR, por lo que tienden a ampliarse los rangos del intervalo de confianza, sobretodo si se lo compara con el bloque 10. En este sentido y dadas las variaciones del perfil de costa en espacios e intervalos de tiempo reducidos, un muestreo más detallado (por ejemplo transectos a intervalos de 50 m) debería indicar un panorama más fiable de las variaciones temporales del bloque.

Si bien hay continuidad espacial entre ambos bloques, ellos pertenecen a sectores distintos; lo ocurrido podría interpretarse como que ambos bloques se muestran geomorfológicamente muy semejantes, y que a pesar del nivel de intervención humana, estas características prevalecen dentro del balance final. Un próximo trabajo debería evaluar la posibilidad de incluir la unidad La Mar Brava Norte, la unidad Carpayo o ambas unidades como parte del bloque 6.

Semejanza con vecino inmediato del mismo sector: únicamente el bloque 4 presenta valores LRR promedio incluidos dentro del rango del intervalo de confianza del bloque 5. Ambos pertenecen al sector 3, por lo que estos resultados son hasta cierto punto esperables.

Una interpretación de los resultados puede presentarse examinando la premisa que sirvió de criterio para formar este sector; es decir que si bien que ambos bloques compartieron rasgos de geomorfología y de génesis comunes, ellos experimentaron y/o experimentan cambios recientes; diferencias en cuanto a intensidades, ritmos y rasgos morfológicos harían la diferencia entre ambos bloques. Es por ello que este fuerte grado de semejanza arrojado por el intervalo de confianza, puede ser interpretado aduciendo que el tipo y ritmo de cambio entre ambos bloques ha sido a la fecha muy bajo como para marcar distinciones entre ambos bloques. Por este motivo, y dentro del balance global los cambios

experimentados no hacen aún la diferencia significativa, y en esencia ambos bloques son lo mismo.

Más aún si se considera la tendencia en el comportamiento de las playas del bloque 4, por la cual ellas tienden al repliegue de la costa por remoción de arenas, se hace entonces más probable que las diferencias tiendan a eliminarse en el corto plazo. El grupo de playas del bloque 4 apuntan claramente a homogenizarse entre sí y en conjunto a homogenizarse morfológicamente al bloque 5.

TABLA XLIII - Niveles de semejanza según bloques

SECTOR	BLOQUE	UNIDADES	DESV. STD	MEDIA	MIN	MAX	Nr. OBS	INTERVALO DE CONFIANZA		TRASLAP
1	1	La Chira	0,165749	0,3	0,04	0,5	11	0,2020486	0,3979514	-
	2	La Herradura	0,105451	0,03	-	0,28	10	-	0,095359207	9, 11
2	3	Club Regatas Lima-Las Sombrillas	0,817081	2,167083	0,35	3,85	24	1,840182517	2,493983483	-
3	4	Los Yuyos-Las Cascadas	0,636854	1,134737	0,31	2,16	19	0,848372518	1,421101482	5, 8
	5	Piedritas-Redondo	0,2606	1,411429	0,74	1,77	14	1,274918372	1,547939628	-
4	6	Makaha-Tres Picos	0,327805	0,693043	0,31	1,6	23	0,559072948	0,827013052	-
	9	Costanera	0,160713	0,0475	-0,2	0,35	40	-	0,097305475	2, 11
5	7	Los Delfines-Marbella	0,46279	1,778571	0,92	2,4	21	1,580632447	1,976509553	-
	8	Puericultorio P.A.-Bertolotto	0,343726	0,948333	0,41	1,74	30	0,825332231	1,071333769	-
6	10	La Mar Brava Sur	0,06832	-	-	0,01	31	-	-	-
7	11	La Mar Brava Norte-Carpayo	0,401777	0,035	-	0,65	12	-	0,262326738	2, 9, 10
	12	La Arenilla-Malecón Prado	1,209161	2,618824	0,45	5,06	17	2,044025347	3,193622653	3

9.2.2 Semejanza según sectores

Las validaciones al nivel espacial de sector ofrecen resultados menos ambiguos (cfr. TABLA XLIV). Los únicos conflictos menores corresponden a dos casos de **semejanza con vecino no inmediato**. En este caso, y a diferencia del análisis a nivel de bloques, el mayor número de observaciones y la fiabilidad asociada a esta variable, ha jugado un rol importante.

Tanto el sector 3 como el sector 5 presentan semejanzas entre sí, además de presentar ambas semejanzas con el bloque 7. En todos estos casos los valores promedio LRR son muy semejantes. No obstante y a pesar de estas semejanzas estadísticas, claro está se trata de sectores de la bahía con rasgos de morfología y génesis y ubicación diferentes. Por lo

que se concluye, estos son solo sectores con variaciones temporales de la línea de costa muy similares, mas no unidades distintas que invaliden la clasificación propuesta.

TABLA XLIV - Niveles de semejanza según sectores

SECTOR	UNIDADES	DESV.STD	MEDIA	MIN	MAX	Nr.OBS	INTERVALO DE CONFIANZA		TRASLAPE
1	La Chira - La Herradura	0,194601	0,171429	-0,09	0,5	21	0,088196777	0,254661223	-
2	Club Regatas Lima-Las Sombrillas	0,817081	2,167083	0,35	3,85	24	1,840182517	2,493983483	-
3	Los Yuyos - Redondo	0,530122	1,252121	0,31	2,16	33	1,071247506	1,432994494	5, 7
4	Makaha-Tres Picos, Costanera	0,390160	0,283175	-0,2	1,6	63	0,186830142	0,379519858	-
5	Los Delfines - Bertolotto	0,569776	1,290196	0,41	2,4	51	1,133818187	1,446573813	3, 7
6	La Mar Brava Sur	0,06832	-0,110323	-0,25	0,01	31	-0,134373443	-0,086272557	-
7	La Mar Brava Norte- Malecón Prado	1,594771	1,549655	-0,42	5,06	29	0,969217581	2,130092419	-

9.3 Cuestiones sobre morfología de costa

9.3.1 Cambio en morfología playa La Herradura: empedredamiento y retroceso de la línea de costa

Los cambios en la morfología de playa observados desde mediados de la década de 1980 son usualmente atribuidos a la construcción de la vía El Paso de la Araña; el empedredamiento de la playa anterior y la pérdida del área de playa por un continuo retroceso de la línea de costa son usualmente vistos como una consecuencia indeseada de la gran cantidad de escombros arrojados al mar producto del corte del acantilado en 1984.

Sin embargo existen indicios que harían pensar que el cambio en la morfología de playa no necesariamente está asociado a la construcción de esta vía. Por el contrario la atención debería estar puesta en la dinámica misma de la célula litoral. La cíclica disponibilidad de sedimentos finos en la célula litoral, y la ubicación de La Herradura en un ambiente de fuerte descarga de energía en principio pueden también explicar estos cambios. El hecho que la playa haya experimentado sucesivas fases de acumulación y remoción de arena previas a este evento es registrado en la literatura al hacer hincapié que la playa La Herradura merece un estudio particular debido a la sucesiva acumulación y desaparición de arena (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

Si bien es cierto que la fase erosiva de la playa empieza a manifestarse desde 1986 y con particular intensidad hasta 1990, este proceso también puede ser identificado en otras

unidades ubicadas inmediatamente al norte como Regatas-Pescadores y Agua Dulce, donde el año 1990 marca el momento de máximo repliegue de la línea de costa luego del pico alcanzado.

La ausencia de estructuras dedicadas a la retención de los sedimentos en suspensión al sur de La Herradura, evidencian que las progresiones/regresiones se asocian necesariamente la disponibilidad cíclica de los sedimentos finos desde sus fuentes en el vecino campo de dunas en La Chira, en forma de sedimentos en suspensión provenientes del río Lurín o desde la plataforma continental. Se hace necesario que trabajos futuros puedan establecer correlaciones con las acumulaciones y retenciones sucesivas de arenas eólicas en el campo de dunas de La Chira y descargas del río Lurín.

La hipótesis de que el sistema de corrientes y oleaje haya arrastrado los clastos hasta depositarlos sobre la playa y el fondo marino adyacente, para acumularse en bancos de cantos y gravas hasta más de 2 m sobre el nivel arenoso anterior (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995), logra explicar solo el empedramiento de la playa en una posición próxima al año 1984, mas no logra relacionar el futuro retroceso de la línea de costa con el empedramiento de ese momento.

Puesto que esta hipótesis postula que el cambio en la playa esta asociado a causas distintas a la disponibilidad de sedimentos, ella asumiría que el retroceso de la línea de costa se explica porque los sedimentos no alcanzan directamente la playa; estas arenas estarían siendo retenidas, posiblemente por detrás de la franja de escombros y formando bancos de arenas en una posición próximo a su ubicación en 1986.

Durante la verificación de campo pudo comprobarse la presencia de una franja de gravas y sedimentos de mayor tamaño, precedida de algunas acumulaciones de arena gruesa sobre la playa anterior; probablemente ambas hayan migrado desde su posición en 1986 a la actual. Se hace necesario entonces la verificación en campo de la existencia o no de estos bancos de arena.

La intervención de 1984 sí modifico el tipo de rompiente, particularmente en la sección próxima al acantilado rocoso, más ello no necesariamente produjo el retroceso de la línea

de costa en la playa La Herradura. El retroceso de la línea de costa parece estar gobernado más bien por la disponibilidad cíclica de sedimentos a escala de la célula litoral.

9.4 Consideraciones sobre los materiales de cartografía y aerofotografía

9.4.1 Cartografía

La cartografía oficial muestra una serie de imprecisiones y ambigüedades, que obligan al usuario a realizar interpretaciones sobre la información del mapa. A continuación las dificultades más comunes:

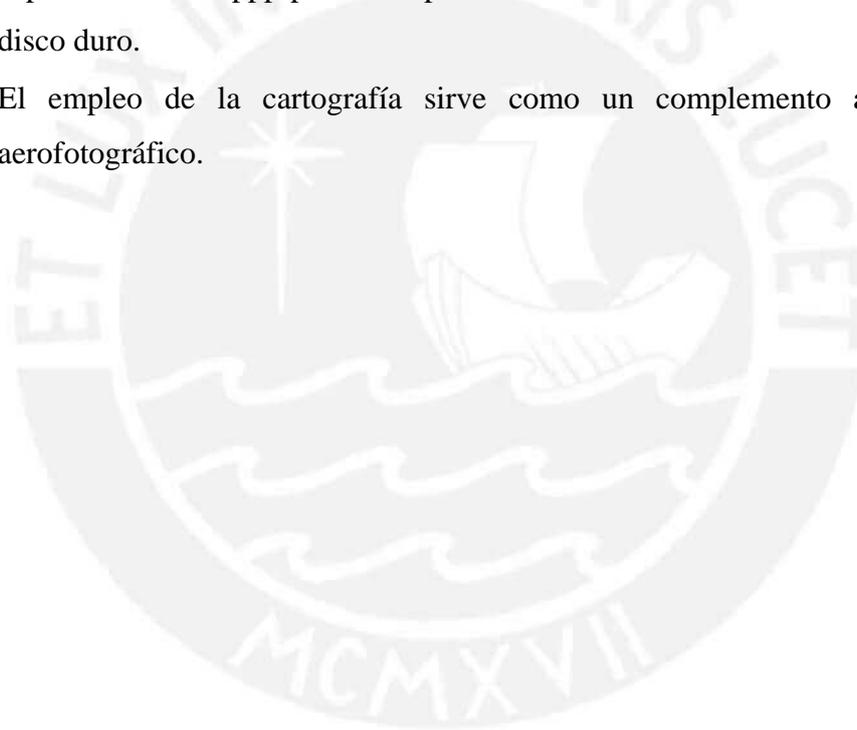
- Los criterios utilizados para la identificación y digitalización de la línea de costa varían según las instituciones. En las planchetas y planos elaborados por IGN el nivel medio de marea es utilizado para representar la línea de costa, mientras que este criterio varía en las cartas náuticas del DHN al usarse el nivel máximo de marea. La información marginal de los planos catastrales del PETT no precisa esta información.
- Información referente al año del recubrimiento aerofotográfico o levantamiento de información de campo no es siempre incluida en la información marginal de todo proyecto cartográfico. Estas dificultades pueden ser observados en los planos catastrales PETT 1974, y los planos metropolitanos IGN 1979.
- El datum geodesico empleado no es indicado en el caso de las Planchetas. IGN 1936.
- Actualizaciones de ciertos productos cartográficos no han sido completadas. A pesar de que las playas Redondo, Makaha y Waikiki experimentaron cambios en la forma de la línea de costa, estas variaciones no pueden ser observadas al comprar el la plano metroplitano IGN 1979 y la actualización del mismo del año 1992 año.

9.4.2 Aerofotografía

Por otra parte el trabajo realizado mediante el uso de fotografías áreas mostró ser la herramienta más eficiente y confiable para la generación de datos. Entre las principales ventajas pueden mencionarse las siguientes:

- A pesar de tratarse de un proceso laborioso y de tratarse de materiales de mayor costo, carecen de cualquier interpretación previa, por lo que es considerada como información obtenida es de primera mano.

- Brindan información detallada no necesariamente incluida en los mapas, como estructuras, materiales de playa, patrones de rompiente de ola.
- Los proyectos aerofotográficos incluyen información precisa sobre hora, día y fecha de la captura de la imagen. Estos parámetros pueden ser ingresados al software para un trabajo de mayor precisión que incluya niveles de marea del momento actual.
- Brinda al usuario la posibilidad de elección del criterio más adecuado para el delineado de la línea de costa.
- Si bien la demanda de recursos de hardware es elevada, las características actuales de hardware de una computadora de nivel de usuario permiten el procesamiento de la información sin problemas. La imagen de una fotografía área imagen almacenada capturada a 2400 ppp puede ocupar normalmente al menos 450mb del espacio del disco duro.
- El empleo de la cartografía sirve como un complemento al recubrimiento aerofotográfico.



10 Conclusiones

La actual forma de la línea de costa en la bahía de Miraflores es resultado de sucesivas intervenciones del hombre que datan de las primeras décadas del siglo XX, pero que se desarrollan con particular intensidad dentro la segunda mitad de este siglo. El estado actual de la línea de costa en este espacio aún se encuentra en desarrollo e igualmente a expensas de la mano del hombre.

La instalación de estructuras costeras (terraplenes, espigones y rompeolas) ha sido utilizada como mecanismo de formación, ampliación, y protección de playas, para incorporar estos nuevos espacios al área urbana de Lima.

Indudablemente estas intervenciones han modificado la dinámica de la originaria célula litoral, formando nuevos sectores de erosión y sedimentación desde que estas se iniciaron. La bahía de Miraflores era una única célula litoral en condiciones naturales pero, con los espigones y la interrupción del tránsito de sedimentos, la bahía actualmente está fragmentada en diversas células litorales de menor tamaño. No obstante estas células muestran conexiones entre sí y presentan a la bahía como un sistema mayor, en el que el mecanismo hidrodinámico encargado del transporte de sedimentos locales (ubicados en la plataforma de abrasión misma) es el sistema de corrientes generados por la ruptura del oleaje en la costa.

Existen evidencias de que el periodo erosivo 1944-1958 del sector norte de la bahía (La Arenilla y Carpayo) esté asociado a la retención de sedimentos finos en las playas del sur de la bahía (Club Regatas Lima, Pescadores y Agua Dulce) durante el mismo periodo. Ello demuestra el carácter dinámico y la rápida respuesta del sistema ante algún cambio, y presenta la posibilidad de experimentar escenarios similares en el futuro.

Actualmente la tendencia natural en la Bahía es al repliegue de la línea de costa en todas las playas. Al no presentar modificaciones importantes, ya sea por ampliación del terraplén o instalación de nuevos espigones, este proceso se observa con particular intensidad en la ensenada de Chorrillos que logró formar playas de arena. Si bien este proceso es menos intenso entre el Club Regatas Lima-Las Sombrillas, el repliegue de la costa se inicia en

1990 y prosigue al menos hasta el año 2005 a una tasa promedio de $-0,08$ m/a. Por otro lado 1995 marcó el inicio de esta tendencia en el grupo de playas Los Yuyos-Las Cascadas ($-1,23$ m/a) y Piedritas-Redondo ($-1,54$ m/a). Justamente el límite norte de las playas de arena se situó hasta la década de 1990 en la playa Redondo, actualmente este límite se ubica un poco más al sur en la playa Cascadas. Ello muestra que el conjunto de playas de arena de la Ensenada Chorrillos viene experimentando cambios en su morfología a partir del retroceso de la línea de costa. Se presume que luego de la remoción de arenas de la misma línea de costa, estos sedimentos hayan sido relocalizados sobre la plataforma de abrasión en el área anterior a los espigones.

Secciones de la bahía no directamente intervenidas como La Chira, La Herradura y La Mar Brava Sur muestran igualmente esta tendencia al retroceso de la costa, aunque con tasas de repliegue promedio más elevadas ($-1,44$ m/a, $-1,88$ m/a y $-2,15$ m/a respectivamente).

La reducida disponibilidad de nuevos sedimentos finos sobre la sección próxima de la plataforma de abrasión explicaría que al año 2007 no haya evidencias de excesivas acumulaciones de arena por sedimentación natural o inducida mediante espigones. Los grandes volúmenes de sedimentos ya retenidos en la sección sur, así como un mayor número de espigones y de mayores dimensiones dispuestos en la bahía, son factores que explican la actual incapacidad del sistema para formar nuevas playas de arena sin comprometer el equilibrio morfodinámico de las playas situadas corriente abajo.

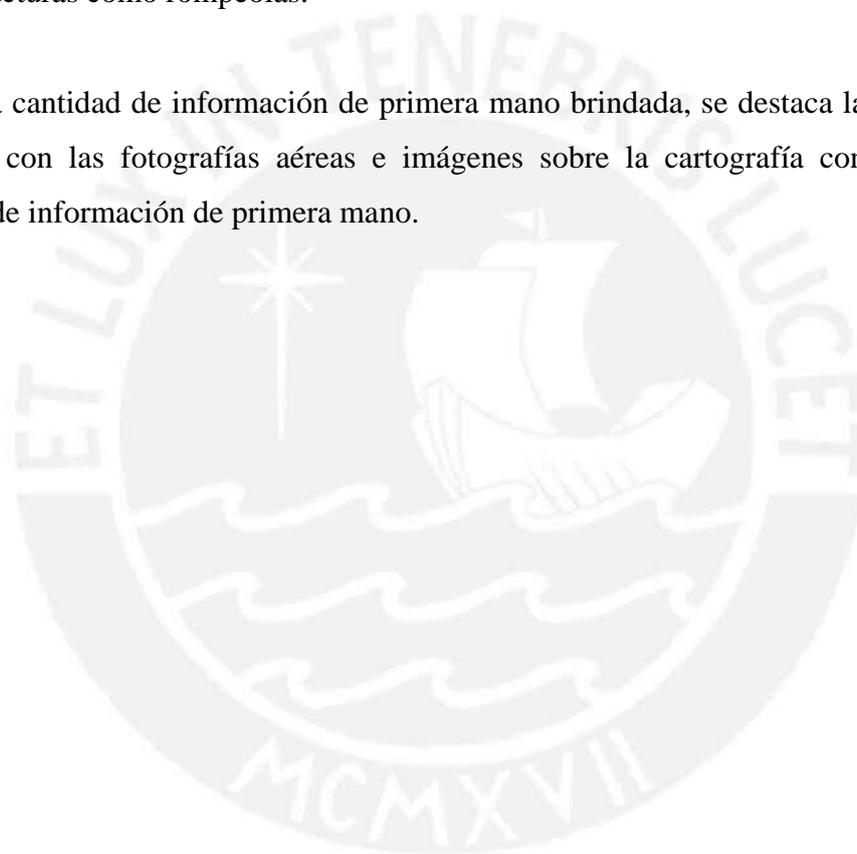
Según las proyecciones al 2011, solo las playas La Herradura y La Mar Brava Sur presentarían repliegues importantes en su línea de costa.

La clasificación propuesta de la costa según los niveles de análisis espacial identificó siete sectores y doce bloques dentro de la bahía. La misma se fundamentó principalmente en los rasgos morfodinámicos actuales predominantes y las variaciones temporales de la línea de costa entre 1936-2005. Mediante una validación estadística fue posible determinar que solo los bloques 4 y en menor medida el bloque 10, podrían presentar semejanzas estadísticas con uno de sus bloques vecinos, por lo que se comprueba estadísticamente que los demás bloques son muy particulares y distintos entre sí. La validación al nivel sector corroboró que no existen semejanzas estadísticas entre ninguno de los sectores propuestos con ninguno de sus vecinos inmediatos, por lo que igualmente se comprueba estadísticamente

que los sectores propuestos en la clasificación son muy particulares y distintos entre sí. De esta forma los resultados del análisis estadístico y la clasificación propuesta se muestran coherencia entre sí.

La cuantificación de las variaciones temporales de la línea de costa se muestra como una herramienta eficiente para el ordenamiento territorial en áreas costeras. Sin embargo, necesitan hacerse algunas adaptaciones a cada área costera en particular. En el caso de la bahía de Miraflores su aplicación requirió distinguir y desligar entre playas de arena de sedimentación natural e inducida, playas con terraplenes construidos y playas con otro tipo de estructuras como rompeolas.

Dada la cantidad de información de primera mano brindada, se destaca la importancia del trabajo con las fotografías aéreas e imágenes sobre la cartografía convencional como fuente de información de primera mano.



Bibliografía

- Alayza, F. (2005). El abanico de la señora Lima. In Periódico Universitario Punto Edu, Lima, Perú.
- Arce, J. E. (1984). Estructura geoelectrica del subsuelo Rímac y Chillón. Boletín Sociedad Geológica del Perú Jubilar, LX Aniversario, 1-13.
- Consultoría Carranza, E. I. R. L. (2001). Estudio de impacto ambiental Marina Club Barranco Enterprise Galaxy S.A. pp. 59, Lima.
- Coque, R. (1984). Geomorfología. Alianza. Madrid.
- Dirección de Hidrografía y Navegación, D. (1995). Estudio sobre condiciones oceanográficas, Bahía de Miraflores.
- Emery, K. O. (1961). A Simple Method of Measuring Beach Profiles. Limnology and Oceanography 6, 90-93.
- Galvin, C. J., Jr. (1968). Breaker Type Classification on Three Laboratory Beaches. Journal of Geophysical Research 73, 3651-3659.
- Haddad, G. A., Droxler, A. W., Kroon, O. & Muller, D. W. (1993). Quaternary CaCO₃ input and preservation within Antarctic intermediate water: Mineralogic and isotopic results from Holes 818B and 817A, Townsville Trough (northeastern Australia margin). In Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results, Ocean Drilling Program pp. 203-233.
- Hampel, A. (2002). The migration history of the Nazca Ridge along the Peruvian active margin: a re-evaluation. Earth and Planetary Science Letters 203, 665-679.
- Instituto Geográfico Nacional Perú, I. (2005a). Normas técnicas: especificaciones técnicas para la producción de mapas topográficos a escala de 1:50,000 pp. 147, Lima, Perú: Instituto Geográfico Nacional.
- Instituto Geográfico Nacional Perú, I. (2005b). Normas técnicas: especificaciones técnicas para la producción de mapas topográficos a escala de 1:100,000 pp. 149, Lima, Perú: Instituto Geográfico Nacional.
- Instituto Metropolitano de Planificación, I. (1995). Plan maestro de desarrollo de la Costa Verde 1995-2010.
- Karakouzian, M., Candia, M., Watkins, M. D., Wyman, R. V. & Hudyma, N. (1996). Geology of Lima, Peru. Geotechnical aspects. Boletín Sociedad Geológica del Perú 85, 27-59.

- Komar, P. D. (1976). Beach processes and sedimentation Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall
- Komar, P. D. (1983). CRC handbook of coastal processes and erosion In CRC series in marine science pp. 305 S. , Boca Raton, Fla. : CRC Press
- Le Roux, J. P., Tavares Correa, C. & Alayza, F. (2000). Sedimentology of the Rímac-Chillón alluvial fan at Lima, Peru, as related to Plio-Pleistocene sea-level changes, glacial cycles and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 13, 499-510.
- León, J. & Tavares Correa, C. (2003). Quantification of shoreline in Salaverry, Peru. In *International Coastal Symposium*, Ed. J. O. C. Reserch, Itají, SC - Brazil.
- Lisson, C. I. (1907). *Contribución a la geología de Lima y sus alrededores*, Lima: Librería e Imprenta Gil.
- Menchaca, C. S. A.-A. (1972). *Rehabilitación de la Costa de Lima metropolitana*.
- Palacios Moncayo, Ó. (1992). *Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica* pp. 162, Lima: INGEMMET.
- Paskoff, R. (1978). Sur l'évolution géomorphologie du grand escarpement côtier du désert Chilien. *Geographie physique et Quaternaire* 32, 351-360.
- Rogers, S. S., Sandweiss, D. H., Maasch, K. A., Belknap, D. F. & Agouris, P. (2004). Coastal Change and Beach Ridges along the Northwest Coast of Peru: Image and GIS Analysis of the Chira, Piura, and Colán Beach-Ridge Plains. *Journal of Coastal Research* 20, 1102-1125.
- Schweigger, E. (1947). *El litoral peruano*. Lima: Compañía Administradora del Guano.
- Shepard, F. P. (1973). *Submarine geology*. New York. US.: Harper.
- Strahler, A. N. & Strahler, A. H. (1984). *Elements of physical geography* New York [u.a.] Wiley
- Thieler, E. R. & Danforth, W. W. (1994). Historical shoreline mapping (I): improving techniques and reducing positioning errors. *Journal of Coastal Research* 10, 549-563.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L. & Miller, T. L. (2005). The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.0, an ArcGIS© Extension for Calculating Historic Shoreline Change. U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1304.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology* 30, 377-392.

- Woodman Pollitt, R. (1998). El fenómeno El Niño y el clima en el Perú. In El Perú en los albores del siglo XXI/2. Ciclo de conferencias 1997-1998, Ed. E. D. C. D. Perú pp. 201-242, Lima-Perú: Congreso de la República del Perú.
- Wright, L. D. & Short, A. D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. Marine Geology 56, 93-118.

Fuentes de Internet

DIGITAL GLOBE – QUICKBIRD [zit.: DIGITAL-GLOBE-WEB] (2008)

<http://www.digitalglobe.com>

ESRI SUPPORT CENTER [ZIT.: ESRI-WEB] (2008)

<http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=15175>

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO DEL PERÚ [ZIT.: INGEMMET -WEB] (2008)

http://www.ingemmet.gob.pe/publicaciones/serie_a/mapas/indice.htm

MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL PERÚ-UNIDAD DE ESTADÍSTICA EDUCATIVA [ZIT.: MED-WEB] (2008)

<http://www.jbpub.com/oceanlink/4e/>

OCEANLINK- INVITATION TO OCEANOGRAPHY, FOURTH EDITION [ZIT.: OCEANLINK -WEB] (2008)

<http://escale.minedu.gob.pe/mapfountain/apps/start.htm>

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [ZIT.: USGS-WEB] (2008a)

<http://edc.usgs.gov/products/satellite/tm.php>

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [ZIT.: USGS-WEB] (2008b)

<http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/dsas/version4/index.html>

WXTide32 SUPPORT CENTER [ZIT.: WXTide32-WEB] (2008)

<http://www.wxtide32.com/download.html>

Material cartográfico

- CARTA GEOLÓGICA NACIONAL 1:100000, Cuadrángulo de Lima, Hoja 25i, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), 1992.
- CARTA NACIONAL 1:100000, Lima, Hoja 25i, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1967.
- CARTA NAUTICA 1:25000, Isla San Lorenzo a Ensenada Chorrillos, HIDRONAV 2236, Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. Ministerio de Marina. Perú, Lima-Perú, 1998.
- CARTA NAUTICA 1:10000, Ensenada de Chorrillos, HIDRONAV 2237, Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. Ministerio de Marina. Perú, Lima-Perú, 2000.
- MAPA TOPOGRÁFICO CALLAO-LIMA METROPOLITANA 1:10000, La Punta, Hoja 25i I 22, Instituto Geográfico Nacional/Japan International Cooperation Agency, Lima-Perú, 1992.
- MAPA TOPOGRÁFICO CALLAO-LIMA METROPOLITANA 1:10000, Callao, Hoja 25i I 23, Instituto Geográfico Nacional/Japan International Cooperation Agency, Lima-Perú, 1992.
- MAPA TOPOGRÁFICO CALLAO-LIMA METROPOLITANA 1:10000, San Miguel, Hoja 25i I 24, Instituto Geográfico Nacional/Japan International Cooperation Agency, Lima-Perú, 1992.
- MAPA TOPOGRÁFICO CALLAO-LIMA METROPOLITANA 1:10000, San Isidro, Hoja 25i I 34, Instituto Geográfico Nacional/Japan International Cooperation Agency, Lima-Perú, 1992.
- MAPA TOPOGRÁFICO CALLAO-LIMA METROPOLITANA 1:10000, Miraflores, Hoja 25i I 35, Instituto Geográfico Nacional/Japan International Cooperation Agency, Lima-Perú, 1992.
- MAPA TOPOGRÁFICO CALLAO-LIMA METROPOLITANA 1:10000, Chorrillos, Hoja 25i I 45, Instituto Geográfico Nacional/Japan International Cooperation Agency, Lima-Perú, 1992.

- MAPA TOPOGRÁFICO CALLAO-LIMA METROPOLITANA 1:10000, La Encantada, Hoja 25i I 55, Instituto Geográfico Nacional/Japan International Cooperation Agency, Lima-Perú, 1992.
- PLANCHETA 1:20000, Callao, Hoja 4h, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1957.
- PLANCHETA 1:20000, Callao, Hoja 4h, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1964.
- PLANCHETA 1:20000, Magdalena, Hoja 5h, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1965.
- PLANCHETA 1:20000, Barranco, Hoja 6i, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1938.
- PLANCHETA 1:20000, Miraflores, Hoja 6i, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1959.
- PLANCHETA 1:20000, Miraflores, Hoja 6i, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1974.
- PLANCHETA 1:20000, Villa, Hoja 6j, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1936.
- PLANCHETA 1:20000, Villa, Hoja 6j, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1954.
- PLANCHETA 1:20000, Villa, Hoja 6j, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1961.
- PLANO CATASTRAL 1:10000, Chillón-Rimac 4, Hoja: 18-275-8550, Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT). Ministerio de Agricultura. Perú, 1974.
- PLANO CATASTRAL 1:10000, Chillón-Rimac 7, Hoja: 18-275-8655, Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT). Ministerio de Agricultura. Perú, 1974.
- PLANO CATASTRAL 1:10000, Chillón-Rimac 12, Hoja: 18-270-8650, Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT). Ministerio de Agricultura. Perú, 1974.
- PLANO CATASTRAL 1:10000, Chillón-Rimac 13, Hoja: 18-275-8660, Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT). Ministerio de Agricultura. Perú, 1974.
- PLANO CATASTRAL 1:10000, Chillón-Rimac 19, Hoja: 18-265-8665, Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT). Ministerio de Agricultura. Perú, 1974.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, La Punta, Hoja 24b, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, La Perla, Hoja 24c, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Maranga, Hoja 24d, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Magdalena del Mar, Hoja 25e, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.

- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, San Isidro-1 Miraflores-1, Hoja 25f, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Miraflores-2, Hoja 26f, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Miraflores-3 Barranco, Hoja 26g, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Chorrillos-1, Hoja 27g, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Chorrillos-4, Hoja 29g, Instituto Geográfico Militar, Lima-Perú, 1979.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, La Punta, Hoja 24b, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, La Perla, Hoja 24c, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Maranga, Hoja 24d, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Magdalena del Mar, Hoja 25e, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, San Isidro, Hoja 25f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Miraflores, Hoja 26f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Miraflores-Barranco, Hoja 26g, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Planetario, Hoja 27f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Chorrillos, Hoja 27g, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Morro Solar, Hoja 28f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Punta La Chira, Hoja 29f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 1992.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 24a, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.

- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 24b, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 24c, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 24d, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 25d, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 25e, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 25f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 26f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 26g, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 27f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 27g, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 28f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 28g, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 29f, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.
- PLANO DE LIMA METROPOLITANA 1:5000, Hoja 29g, Instituto Geográfico Nacional, Lima-Perú, 2003.

Material aerofotográfico

PROYECTO N° 340, 2.500 pies, Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN, Lima), 1944

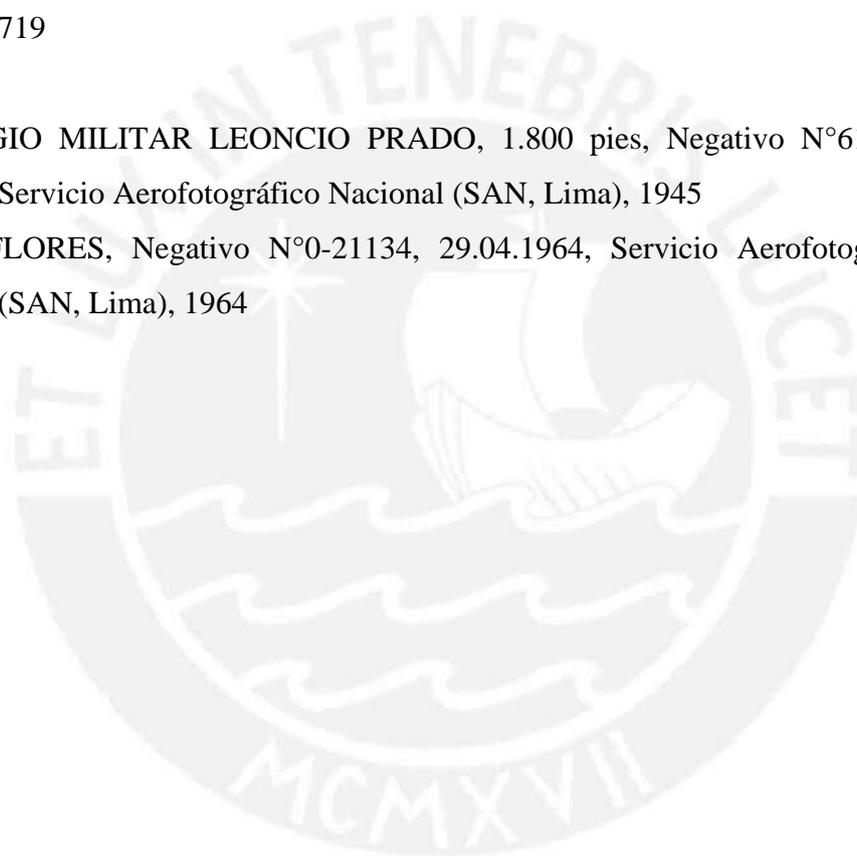
Escenas de vuelo: 115, 105, 94, 82, 68, 53, 36, 18, 1, 1771, 725, 1798, 782, 837, 886, 946, 840, 785, 728, 685, 2416, 1020, 985, 620, 949, 296, 523, 262, 260, 258, 256, 254, 285, 283, 281, 310, 308, 306, 273

PROYECTO N° 64-60-A-9, 5.000 pies, Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN, Lima), 1964

Escenas de vuelo: 5, 17, 21, 1927, 1929, 114, 150, 152, 193, 204, 256, 258, 260, 200, 504, 719

COLEGIO MILITAR LEONCIO PRADO, 1.800 pies, Negativo N°6153, 21.11.1945, Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN, Lima), 1945

MIRAFLORES, Negativo N°0-21134, 29.04.1964, Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN, Lima), 1964



Anexos

A. Estadísticas variación de la línea de costa

A.1 Playas La Chira y La Herradura

Desplazamiento de línea de costa playa La Chira												Estadísticas DSAS playa La Chira				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
1	0,00	-5,71	45,82	-3,17		-21,33	-17,96	30,48	-19,20	-9,81	-5,82	1	-0,01	0,04	45,82	-0,88
2	0,00	15,14	26,80	-14,44		-4,59	-9,01	28,60	-27,26	-10,42	6,54	2	0,07	0,07	42,50	4,83
3	0,00	5,30	25,79	-10,28		3,44	-9,74	31,99	-29,44	-29,97	19,53	3	-0,19	0,11	59,41	-12,92
4	0,00	-3,49	13,78	3,21		15,27	-15,89	33,19	-41,05	-18,95	18,54	4	-0,20	0,19	60,00	-13,92
5	0,00	-6,44	12,18	13,61		14,10	-11,14	30,66	-48,14	-20,95	20,26	5	-0,23	0,27	69,09	-16,12
6	0,00	-11,74	11,73	22,82		4,55	-5,57	26,77	-46,42	0,70	7,70	6	0,04	0,39	60,30	2,85
7	0,00	-5,15	14,09	25,02		9,21	-9,08	29,63	-49,13	-12,95	15,06	7	0,02	0,48	68,88	1,64
8	0,00	9,75	6,19	32,49		1,77	-10,69	25,61	-36,03	-17,96	11,36	8	0,16	0,50	65,12	11,14
9	0,00	20,48	4,21	36,67		-18,44	-3,41	23,02	-33,04	2,39	-4,92	9	0,46	0,49	62,54	31,90
10	0,00	14,12	1,41	35,73		-20,32	-2,86	22,42	-22,76	-3,79	-3,29	10	0,35	0,42	51,27	23,95
11	0,00	-3,76	0,53	36,06		-30,88	15,20	28,94	-38,24	1,74	-0,69	11	0,14	0,34	49,84	9,59
Desplazamiento periódico (m)	0,00	2,59	14,78	16,16		-4,29	-7,29	28,30	-35,52	-10,91	7,66	Promedio	0,06	0,30	57,71	3,82
Tasa de desplazamiento (m/a)	0,00	0,32	1,06	1,01		-0,36	-1,82	5,66	-8,88	-1,82	1,20	Desv.std.	0,22	0,17	9,07	15,17
Desplazamiento acumulado (m)	0,00	2,59	17,37	33,52		29,23	21,95	50,25	14,73	3,82	11,49					

Desplazamiento de línea de costa playa La Herradura												Estadísticas DSAS playa La Herradura				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
12	0,00	23,24	8,04	4,40		0,51	-14,27	9,60	0,79	-2,43	-2,42	12	0,43	0,28	36,19	29,87
13	0,00	15,07	9,64	8,78		5,92	-31,09	4,60	3,61	-12,28	-4,72	13	0,06	0,04	39,40	4,24
14	0,00	2,04	12,41	13,95		5,04	-36,73	6,54	1,78	-15,96	-5,60	14	-0,16	-0,05	44,38	-10,94
15	0,00	-11,18	3,22	28,34		4,81	-33,57	4,52	-4,42	-15,94	-4,84	15	-0,35	-0,07	49,42	-24,22
16	0,00	-3,89	-21,69	45,82		9,16	-37,16	4,11	-4,56	-21,05	-2,24	16	-0,42	-0,07	58,64	-29,25
17	0,00	6,27	-23,57	40,33		18,49	-38,27	7,27	-8,38	-19,21	2,19	17	-0,25	0,05	58,83	-17,06
18	0,00	-5,50	-12,95	42,12		9,40	-34,77	7,24	-8,47	-19,21	-0,84	18	-0,32	0,03	55,20	-22,13
19	0,00	-1,22	-13,58	27,13		-9,16	-9,89	2,63	7,08	3,32	-9,86	19	0,09	0,08	27,13	6,32
20	0,00	13,56	-18,98	39,92		-9,06	-23,75	1,46	1,98	10,84	-19,61	20	0,23	0,10	39,92	15,97
21	0,00	11,67	-4,24	9,67		-10,80	-2,36	3,74	-20,12	17,67	-12,75	21	0,08	-0,09	29,53	5,24
Desplazamiento periódico (m)	0,00	5,01	-6,17	26,05		2,43	-26,19	5,17	-3,07	-7,42	-6,07	Promedio	-0,06	0,03	43,86	-4,20
Tasa de desplazamiento (m/a)	0,00	0,63	-0,44	1,63		0,20	-6,55	1,03	-0,77	-1,24	-0,95	Desv.std.	0,28	0,11	11,46	19,43
Desplazamiento acumulado (m)	0,00	5,01	-1,16	24,88		27,31	1,13	6,30	3,23	-4,20	-10,26					

A.2 Playas Club Regatas Lima, Pescadores, Agua Dulce y Sombrillas

Desplazamiento de línea de costa playas Club Regatas Lima - Pescadores											Estadísticas DSAS playas CRL-Pescadores					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
22	0,00	30,72	3,68	-11,04		23,29	-17,27	3,09	4,57	2,59	-4,21	22	0,57	0,35	46,65	39,63
23	0,00	31,46	0,02	8,24		34,50	-14,64	3,58	5,21	1,22	-2,35	23	1,01	0,92	74,23	69,59
24	0,00	13,99	-4,13	123,28		10,07	-9,57	8,43	-0,29	-0,78	0,78	24	2,04	2,45	143,21	140,99
25	0,00	24,83	-3,48	78,69	2,14	96,83	-3,62	6,89	-3,50	-2,87	1,37	25	2,84	3,43	202,29	195,92
26	0,00	16,54	30,39	92,20	-2,07	86,64	-3,30	12,02	-9,00	-3,33	2,42	26	3,19	3,85	232,43	220,10
27	0,00	-11,23	64,44	62,30	-7,31	62,56	4,84	8,96	-7,69	-7,31	5,06	27	2,46	3,11	195,79	169,56
28	0,00	79,25	-3,71	63,28	8,87	7,86	9,36	16,54	-16,94	-10,54	8,18	28	2,23	2,21	181,44	153,97
29	0,00	23,74	69,38	51,95	-2,09	-3,28	-6,95	0,85	5,03	18,29	-1,99	29	2,27	2,10	156,92	156,92
Desplazamiento periódico (m)	0,00	26,16	19,57	58,61	-0,09	50,12	-5,15	7,54	-2,83	-0,34	1,16	Promedio	2,08	2,30	154,12	143,34
Tasa de desplazamiento (m/a)	0,00	3,27	1,40	3,66	-0,05	5,01	-1,29	1,51	-0,71	-0,06	0,19	Desv.std.	0,88	1,20	64,36	60,76
Desplazamiento acumulado (m)	0,00	26,16	45,74	104,35	104,26	154,38	149,23	156,78	153,95	153,61	154,77					

Desplazamiento de línea de costa playa Agua Dulce											Estadísticas DSAS playa Agua Dulce					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
30	0,00	60,38	-3,11	45,81	-3,09	-3,59	-8,81	16,72	-10,22	2,30	1,87	30	1,40	1,15	104,31	96,40
31	0,00	28,92	3,57	69,59	-5,87	-30,08	-1,60	3,71	3,21	1,50	2,73	31	1,06	0,95	102,08	72,94
32	0,00	42,57	9,13	101,45	-16,83	-28,78	-11,34	1,44	13,48	-6,42	1,81	32	1,52	1,41	153,15	104,71
33	0,00	58,91	31,65	106,39	1,59	-48,12	-10,53	-0,95	6,43	2,48	-2,87	33	2,14	1,90	198,54	147,86
34	0,00	81,71	39,72	90,20	-3,53	-42,93	-9,54	2,35	5,28	-0,33	-0,66	34	2,36	1,94	211,63	162,92
35	0,00	113,28	32,36	74,45	-2,94	-41,19	-8,84	-0,71	7,82	9,90	-1,99	35	2,67	1,90	220,08	184,12
36	0,00	128,68	32,79	68,95	1,82	-41,78	-11,60	-1,47	3,10	20,28	-6,44	36	2,91	1,96	232,24	200,78
37	0,00	146,98	33,88	69,03	-6,49	-46,43	-7,47	-3,79	10,93	18,22	-2,63	37	3,11	1,99	249,89	214,86
38	0,00	68,39	129,92	66,03	-7,84	-47,66	-14,68	-0,68	12,33	6,72	-2,48	38	3,08	2,52	264,34	212,54
39	0,00	71,97	131,68	70,13	-3,38	-53,87	-6,49	-0,25	8,95	-0,24	0,61	39	3,17	2,69	273,77	218,49
40	0,00	74,48	138,26	65,66	-5,20	-46,72	-2,71	2,87	7,46	4,49	3,23	40	3,46	2,94	278,40	238,58
41	0,00	85,80	139,12	34,84	-0,94	-7,16	-10,89	-0,44	6,91	2,82	-2,55	41	3,62	3,11	259,76	250,06
Desplazamiento periódico (m)	0,00	80,17	59,91	71,88	-4,39	-36,53	-8,71	1,57	6,31	5,14	-0,78	Promedio	2,54	2,04	212,35	175,36
Tasa de desplazamiento (m/a)	0,00	10,02	4,28	4,49	-2,20	-3,65	-2,18	0,31	1,58	0,86	-0,13	Desv.std.	0,85	0,68	62,14	58,57
Desplazamiento acumulado (m)	0,00	80,17	140,09	211,96	207,57	171,04	162,34	163,90	170,21	175,35	174,57					

Desplazamiento de línea de costa playa Las Sombrillas											Estadísticas DSAS playa Las Sombrillas					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
42	0	13,83	29,88	23,47	-7,85	63,23	-2,53	-3,93	12,73	-15,11	2,88	42	1,65	1,96	128,83	113,72
43	0	18,09	30,16	-0,66	-2,73	70,54	21,60	-13,10	1,11	-6,80	2,71	43	1,71	2,00	137,01	118,22
44	0	29,53	1,67	39,89	-1,20	75,22	10,96	-15,44	1,22	-0,04	-3,99	44	2,06	2,36	156,06	141,80
45	0	39,18	12,68	45,41	-6,78	98,18	12,73	-23,50	2,49	-25,09	-5,59	45	2,25	2,81	201,40	155,31
Desplazamiento periódico (m)	0	25,16	18,60	27,03	-4,64	76,79	10,69	-13,99	4,39	-11,76	-1,00	Promedio	1,92	2,28	155,83	132,26
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	3,14	1,33	1,69	-2,32	7,68	2,67	-2,80	1,10	-1,96	-0,17	Desv.std.	0,29	0,39	32,45	19,69
Desplazamiento acumulado (m)	0	25,16	43,76	70,78	66,14	142,94	153,62	139,63	144,02	132,26	131,26					

A.3 Playas Los Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas

Desplazamiento de línea de costa playa Los Yuyos												Estadísticas DSAS playa Los Yuyos				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
46	0	31,01	9,13	-12,53	3,47	16,29	-1,28	4,51	3,64	-1,68	3,80	46	0,76	0,60	54,24	52,56
47	0	31,42	11,47	-10,53	-6,52	15,46	0,89	-0,37	-1,49	2,43	-0,63	47	0,62	0,41	42,89	42,76
48	0	25,27	12,57	-12,45	-5,75	30,81	7,83	-8,88	0,09	6,30	-2,36	48	0,81	0,68	58,28	55,79
49	0	37,89	3,34	-21,56	-0,53	55,36	3,65	-6,32	-2,61	1,73	-3,42	49	1,03	0,95	78,16	70,97
Desplazamiento periódico (m)	0	31,40	9,13	-14,27	-2,33	29,48	2,77	-2,77	-0,09	2,20	-0,65	Promedio	0,81	0,66	58,39	55,52
Tasa de desplazamiento (m/a)		3,92	0,65	-0,89	-1,17	2,95	0,69	-0,55	-0,02	0,37	-0,11	Desv.std.	0,17	0,22	14,70	11,70
Desplazamiento acumulado (m)	0	31,40	40,53	26,26	23,93	53,41	56,18	53,42	53,32	55,52	54,87					

Desplazamiento de línea de costa playa Barranco												Estadísticas DSAS playa Barranco				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
50	0	25,68	43,32	-35,25	9,46	-2,24	-3,70	-2,92	34,79	-26,05	12,86	50	0,62	0,44	69,16	43,11
51	0	35,84	9,40	-5,47	0,64	14,12	5,99	-7,34	1,67	-4,83	-0,72	51	0,72	0,59	60,53	50,02
52	0	4,44	16,43	-2,74	-2,80	4,28	8,54	-9,26	5,71	-3,33	0,79	52	0,31	0,31	28,15	21,27
53	0	64,90	6,31	-0,59	-2,03	6,58	15,09	-10,36	-4,48	3,37	-1,64	53	1,14	0,77	90,26	78,79
54	0	63,50	8,17	-3,50	3,31	4,00	9,17	-10,01	0,38	-1,03	-1,74	54	1,07	0,72	84,65	73,99
Desplazamiento periódico (m)	0	38,87	16,73	-9,51	1,72	5,35	7,02	-7,98	7,62	-6,38	1,91	Promedio	0,77	0,57	66,55	53,44
Tasa de desplazamiento (m/a)		4,86	1,19	-0,59	0,86	0,53	1,75	-1,60	1,90	-1,06	0,32	Desv.std.	0,34	0,19	24,53	23,55
Desplazamiento acumulado (m)	0	38,87	55,60	46,09	47,81	53,15	60,17	52,20	59,81	53,44	55,35					

Desplazamiento de línea de costa playa Los Pavos												Estadísticas DSAS playa Los Pavos				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
55	0	23,05	12,97	-13,30	-9,83	48,00	13,41	-6,67	-6,55	-20,70	0,92	55	0,59	0,80	74,30	40,38
56	0	11,32	22,63	-2,02	-7,77	56,17	16,23	-5,23	-8,57	-28,49	2,85	56	0,79	1,24	96,56	54,27
57	0	51,54	19,23	14,45	-3,07	64,27	32,20	-5,95	-26,15	-25,01	2,11	57	1,76	2,16	178,62	121,50
Desplazamiento periódico (m)	0	28,64	18,27	-0,29	-6,89	56,15	20,62	-5,95	-13,76	-24,74	1,96	Promedio	1,05	1,40	116,49	72,05
Tasa de desplazamiento (m/a)		3,58	1,31	-0,02	-3,44	5,61	5,15	-1,19	-3,44	-4,12	0,33	Desv.std.	0,63	0,69	54,94	43,38
Desplazamiento acumulado (m)	0	28,64	46,91	46,62	39,73	95,88	116,49	110,54	96,79	72,05	74,01					

Desplazamiento de línea de costa playa Barranquito												Estadísticas DSAS playa Barranquito				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
58	0	14,08	19,44	33,73	2,48	-3,65	9,73	-5,31	2,82	-21,40	3,98	58	0,75	0,99	75,81	51,92
59	0	3,51	30,57	44,68	-2,02	-10,44	16,49	-8,94	-10,30	-15,97	-0,99	59	0,69	1,01	82,79	47,58
60	0	2,98	22,14	75,56	-0,78	2,24	10,88	-5,99	-7,24	-16,06	-0,45	60	1,21	1,69	113,02	83,73
Desplazamiento periódico (m)	0	6,86	24,05	51,32	-0,10	-3,95	12,37	-6,75	-4,91	-17,81	0,84	Promedio	0,88	1,23	90,54	61,08
Tasa de desplazamiento (m/a)		0,86	1,72	3,21	-0,05	-0,39	3,09	-1,35	-1,23	-2,97	0,14	Desv.std.	0,28	0,40	19,78	19,74
Desplazamiento acumulado (m)	0	6,86	30,91	82,23	82,12	78,17	90,54	83,79	78,88	61,08	61,92					

Desplazamiento de línea de costa playa Las Cascadas											Estadísticas DSAS playa Las Cascadas					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
61	0	-0,07	18,24	95,49	0,33	-2,41	2,96	2,89	-7,00	-10,48	1,06	61	1,45	1,93	117,49	99,94
62	0	12,86	-24,62	135,03	5,23	-5,48	2,75	-1,54	-4,45	-14,27	-0,39	62	1,53	2,10	140,27	105,52
63	0	-1,20	-9,87	116,85	-21,16	28,74	6,01	-4,89	-1,34	-9,03	-0,12	63	1,51	2,09	130,44	104,10
64	0	8,34	-10,42	129,65	-0,42	-10,75	3,62	9,38	-9,72	-15,52	4,59	64	1,51	2,08	131,49	104,16
Desplazamiento periódico (m)	0	4,98	-6,67	119,26	-4,00	2,53	3,83	1,46	-5,63	-12,33	1,29	Promedio	1,50	2,05	129,92	103,43
Tasa de desplazamiento (m/a)		0,62	-0,48	7,45	-2,00	0,25	0,96	0,29	-1,41	-2,05	0,21	Desv.std.	0,03	0,08	9,39	2,42
Desplazamiento acumulado (m)	0	4,98	-1,69	117,57	113,56	116,09	119,92	121,39	115,76	103,43	104,72					

A.4 Playas Piedritas, Estrella y Redondo

Desplazamiento de línea de costa playa Piedritas											Estadísticas DSAS playa Piedritas					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
65	0	15,09	-2,85	27,88	5,44	2,70	0,09	0,90	-2,73	2,18	-0,70	65	0,71	0,74	49,25	48,70
66	0	15,09	-6,49	37,04	29,69	5,10	-2,47	-1,35	4,24	-2,68	0,01	66	1,13	1,32	80,85	78,17
67	0	8,58	-14,34	39,17	50,86	0,63	3,23	-0,35	-3,77	2,83	-0,53	67	1,26	1,57	93,89	86,84
Desplazamiento periódico (m)	0	12,92	-7,89	34,70	28,67	2,81	0,28	-0,27	-0,75	0,78	-0,41	Promedio	1,03	1,21	74,66	71,24
Tasa de desplazamiento (m/a)		1,61	-0,56	2,17	14,33	0,28	0,07	-0,05	-0,19	0,13	-0,07	Desv.std.	0,29	0,43	22,95	19,99
Desplazamiento acumulado (m)	0	12,92	5,02	39,72	68,39	71,20	71,48	71,21	70,46	71,24	70,83					

Desplazamiento de línea de costa playa Estrella											Estadísticas DSAS playa Estrella					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
68	0	8,14	-18,45	27,72	33,74	16,37	18,00	-8,13	-13,56	-18,40	-0,97	68	0,66	1,18	95,83	45,41
69	0	1,20	-12,97	25,80	14,99	44,89	12,08	-5,36	-12,84	-21,96	-1,36	69	0,66	1,28	97,76	45,82
70	0	6,36	-15,62	28,17	10,15	54,84	5,40	-5,95	-5,26	-36,68	-0,44	70	0,60	1,30	98,56	41,41
71	0	4,25	-13,79	35,13	5,06	56,79	10,07	-6,70	-5,59	-33,20	0,78	71	0,75	1,46	107,05	52,02
72	0	-3,19	-10,62	39,16	1,16	63,36	6,90	-2,31	-7,73	-33,75	1,20	72	0,77	1,56	110,58	52,96
Desplazamiento periódico (m)	0	3,35	-14,29	31,19	13,02	47,25	10,49	-5,69	-9,00	-28,80	-0,16	Promedio	0,69	1,36	101,96	47,52
Tasa de desplazamiento (m/a)		0,42	-1,02	1,95	6,51	4,73	2,62	-1,14	-2,25	-4,80	-0,03	Desv.std.	0,07	0,15	6,46	4,86
Desplazamiento acumulado (m)	0	3,35	-10,94	20,25	33,27	80,52	91,01	85,32	76,32	47,53	47,37					

Desplazamiento de línea de costa playa Redondo											Estadísticas DSAS playa Redondo					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
73	0	-9,14	-1,00	31,85	3,20	73,94	5,53	-3,30	-5,75	-27,66	0,31	73	0,98	1,77	114,51	67,67
74	0	-10,11	-1,43	33,98	-1,48	69,24	15,91	-4,10	-16,60	-20,58	-0,52	74	0,94	1,71	117,64	64,82
75	0	-23,77	6,70	27,36	-4,69	87,02	2,29	0,13	-6,09	-34,78	1,37	75	0,79	1,73	118,81	54,17
76	0	-17,97	0,80	34,88	-11,12		82,29	-6,58	-7,20	-15,41	-10,02	76	0,87	1,51	106,85	59,69
77	0	-7,87	-8,50	44,30	-9,96		64,31	0,78	-10,80	-15,03	-7,82	77	0,83	1,39	99,43	57,22
78	0	-28,24	8,17	35,77	-7,39		51,67	2,61	-1,65	-18,14	-1,87	78	0,62	1,24	90,83	42,80
Desplazamiento periódico (m)	0	-2,97	-6,46	33,44	8,55	43,17	7,00	-2,84	-6,81	-19,52	-1,47	Promedio	0,84	1,56	108,01	57,73
Tasa de desplazamiento (m/a)		-0,37	-0,46	2,09	4,27	4,32	1,75	-0,57	-1,70	-3,25	-0,24	Desv.std.	0,13	0,21	11,15	8,82
Desplazamiento acumulado (m)	0	-2,97	-9,43	24,01	32,56	75,73	82,73	79,90	73,09	53,57	52,10					

A.5 Playas Makaha, Waikiki, La Pampilla Sur, La Pampilla Norte y Tres Picos

Transecto N°	Desplazamiento de línea de costa playa Makaha										
	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011
79	0	6,35	32,71	-0,89	-0,46	22,38	-2,47	2,67	-2,57	-0,21	
80	0	8,45	-0,68	3,36	0,31	33,83	-0,19	0,99	-3,66	-0,02	
81	0	7,62	-3,23	8,65	0,58	42,24	-8,57	10,05	-3,64	0,43	
Desplazamiento periódico (m)	0	7,48	9,60	3,70	0,14	32,82	-3,74	4,57	-3,29	0,07	
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	0,53	0,60	1,85	0,01	8,20	-0,75	1,14	-0,55	0,01	
Desplazamiento acumulado (m)	0	7,48	17,08	20,78	20,93	53,75	50,00	54,57	51,28	51,35	

Estadísticas DSAS playa Makaha				
Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
79	0,95	1,10	60,30	57,73
80	0,70	0,85	46,08	42,42
81	0,88	1,05	57,34	53,70
Promedio	0,84	1,00	54,57	51,28
Desv.std.	0,13	0,13	7,50	7,94

Transecto N°	Desplazamiento de línea de costa playa Waikiki										
	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011
82	0	15,57	-14,48	10,64	0,48	19,33	-0,77	-1,01	-0,78	-1,14	
83	0	14,40	-10,28	14,54	0,57	22,66	-6,69	4,75	-5,20	-1,78	
Desplazamiento periódico (m)	0	14,99	-12,38	12,59	0,53	21,00	-3,73	1,87	-2,99	-1,46	
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	1,07	-0,77	6,29	0,05	5,25	-0,75	0,47	-0,50	-0,24	
Desplazamiento acumulado (m)	0	14,99	2,61	15,20	15,72	36,72	32,99	34,86	31,87	30,41	

Estadísticas DSAS playa Waikiki				
Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
82	0,47	0,51	31,54	28,97
83	0,57	0,67	41,90	34,76
Promedio	0,52	0,59	36,72	31,87
Desv.std.	0,07	0,11	7,33	4,09

Transecto N°	Desplazamiento de línea de costa playa La Pampilla Sur										
	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011
84	0	2,76	8,84	0,25	0,58	19,50	-3,86	8,48	-9,92	1,40	
85	0	6,90	-1,12	2,91	-0,42	22,91	-0,64	2,32	-12,56	-0,69	
86	0	9,26	-5,41	1,66	0,75	21,23	-1,50	4,01	-11,93	-0,11	
87	0	7,34	0,36	1,46	0,99	16,04	7,92	-0,39	-10,80	2,90	
88	0	-10,22	7,09	1,95	1,10	13,93	0,25	1,36	-6,95	0,01	
Desplazamiento periódico (m)	0	3,21	1,95	1,65	0,60	18,72	0,43	3,16	-10,43	0,70	
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	0,23	0,12	0,82	0,06	4,68	0,09	0,79	-1,74	0,12	
Desplazamiento acumulado (m)	0	3,21	5,16	6,80	7,40	26,13	26,56	29,72	19,28	19,99	

Estadísticas DSAS playa La Pampilla Sur				
Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
84	0,44	0,59	36,55	26,63
85	0,33	0,51	32,85	20,29
86	0,30	0,43	30,00	18,07
87	0,38	0,53	34,12	22,93
88	0,14	0,34	25,68	8,50
Promedio	0,32	0,48	31,84	19,28
Desv.std.	0,11	0,10	4,18	6,82

Transecto N°	Desplazamiento de línea de costa playa La Pampilla Norte										
	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011
89	0	9,60	-1,17	3,72	0,11	0,81	1,96	5,64	1,96	4,67	
90	0	2,26	2,47	3,59	-0,07	8,98	-2,09	2,61	1,59	0,53	
91	0	-4,33	11,47	2,73	-0,06	3,57	0,21	1,06	3,30	1,18	
92	0	11,94	1,78	3,93	-0,01	8,31	0,53	-4,49	2,13	-2,02	
93	0	16,57	19,33	1,03	0,14	-0,33	0,36	1,08	-2,39	0,52	
Desplazamiento periódico (m)	0	7,21	6,77	3,00	0,02	4,27	0,19	1,18	1,32	0,97	
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	0,51	0,42	1,50	0,00	1,07	0,04	0,30	0,22	0,16	
Desplazamiento acumulado (m)	0	7,21	13,98	16,98	17,00	21,27	21,46	22,65	23,97	24,94	

Estadísticas DSAS playa La Pampilla Norte				
Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
89	0,37	0,31	22,63	22,63
90	0,32	0,34	19,35	19,35
91	0,29	0,34	22,27	17,94
92	0,40	0,39	26,47	24,12
93	0,59	0,58	38,18	35,79
Promedio	0,39	0,39	25,78	23,97
Desv.std.	0,12	0,11	7,38	7,06

Desplazamiento de línea de costa playa Tres Picos												Estadísticas DSAS playa Tres Picos				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
94	0	15,84	54,01	8,12	-0,64	11,51	1,18	-1,02	-0,37	0,04		94	1,45	1,60	90,02	88,63
95	0	20,68	-12,28	4,71	-0,21	19,55	-5,81	4,23	80,49	9,78		95	1,83	1,08	111,35	111,35
96	0	19,67	-12,47	2,40	0,31	22,24	15,83	-14,12	89,50	12,76		96	2,02	1,29	123,37	123,37
97	0	16,88	-9,25	0,93	0,37	26,40	20,31	-15,69	1,00	2,69		97	0,67	0,76	55,64	40,95
98	0	18,98	-7,77	4,46	0,01	23,09	15,96	-17,57	-0,34	-1,08		98	0,60	0,69	54,73	36,82
99	0	26,58	-7,92	3,94	-0,09	19,07	21,69	-23,04	1,22	-0,76		99	0,68	0,72	63,27	41,46
100	0	22,71	-2,84	0,37	0,93	11,15	11,37	-11,04	3,50	0,59		100	0,59	0,55	43,70	36,16
101	0	6,35	-3,04	1,50	0,33	25,55	18,82	-15,03	-1,51	1,89		101	0,54	0,71	49,52	32,97
Desplazamiento periódico (m)	0	18,46	-0,20	3,30	0,13	19,82	12,42	-11,66	21,69	3,24		Promedio	1,05	0,93	73,95	63,96
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	1,32	-0,01	1,65	0,01	4,95	2,48	-2,91	3,61	0,54		Desv.std.	0,62	0,36	30,31	37,59
Desplazamiento acumulado (m)	0	18,46	18,27	21,57	21,70	41,52	53,94	42,28	63,96	67,20						

A.6 Playas Los Delfines, Orrantia del Mar y Marbella

Desplazamiento de línea de costa playa Los Delfines												Estadísticas DSAS playa Los Delfines				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
102	0,00	9,10	61,53	9,50	-0,26	-16,58	-20,06	26,54	5,64			102	1,24	1,15	80,13	75,42
103	0,00	27,86	-28,26	2,99	-0,72	34,90	7,77	-3,78	35,10			103	1,24	0,92	76,26	75,85
104	0,00	18,13	-24,34	2,97	-0,89	67,25	10,48	-12,36	32,94			104	1,54	1,46	100,39	94,18
105	0,00	7,97	-12,03	2,83	0,55	70,94	15,54	-14,08	36,58			105	1,78	1,78	112,35	108,28
106	0,00	5,97	0,13	1,00	-0,59	76,17	18,30	-25,36	41,53			106	1,92	1,97	117,17	117,17
107	0,00	-0,66	2,10	1,86	0,54	77,87	15,37	-19,46	36,98			107	1,88	2,00	115,28	114,62
108	0,00	3,49	5,44	1,21	-1,00	82,24	12,36	-16,11	29,75			108	1,92	2,09	117,39	117,39
109	0,00	0,39	11,16	3,20	-0,61	83,85	11,84	-12,53	32,91			109	2,13	2,30	130,21	130,21
110	0,00	2,02	9,31	3,26	-1,20	84,88	12,19	-13,53	27,00			110	2,03	2,24	123,93	123,93
111	0,00	1,71	15,60	5,22	-1,45	82,65	3,70	-10,27	28,19			111	2,05	2,25	125,35	125,35
Variación absoluta (m)	0,00	7,60	4,06	3,40	-0,56	64,42	8,75	-10,09	30,66			Promedio	1,77	1,82	109,85	108,24
Variación relativa (m/a)	0,00	0,54	0,25	1,70	-0,06	16,10	1,75	-2,52	5,11			Desv.std.	0,32	0,48	18,56	19,86
Desarrollo acumulado (m)	0,00	7,60	11,66	15,07	14,50	78,92	87,67	77,58	108,24							

Desplazamiento de línea de costa Orrantia del Mar												Estadísticas DSAS playa Orrantia del Mar				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
112	0,00	3,48	11,07	1,59	-1,10	90,19	10,65	-13,42	29,83			112	2,17	2,37	132,29	132,29
113	0,00	0,54	10,94	4,17	-1,03	89,91	13,69	-14,11	27,04			113	2,15	2,40	131,15	131,15
114	0,00	5,01	8,16	1,87	-1,56	90,48	11,22	-15,30	22,22			114	2,00	2,26	122,10	122,10
115	0,00	3,49	2,05	3,40	-1,37	70,95	8,62	-12,52	17,03			115	1,50	1,71	91,64	91,64
116	0,00	3,93	4,64	1,35	0,38	71,45	17,35	-68,22	67,95			116	1,62	1,57	99,10	98,83
117	0,00	3,83	9,45	2,24	-0,18	93,14	11,44	-104,32	101,01			117	1,91	1,78	119,92	116,62
118	0,00	1,40	8,73	1,36	-0,46	114,60	19,43	-130,92	126,64			118	2,31	2,14	145,06	140,78
Variación absoluta (m)	0,00	3,10	7,86	2,28	-0,76	88,67	13,20	-51,26	55,96			Promedio	1,95	2,03	120,18	119,06
Variación relativa (m/a)	0,00	0,22	0,49	1,14	-0,08	22,17	2,64	-12,81	9,33			Desv.std.	0,30	0,34	18,92	18,12
Desarrollo acumulado (m)	0,00	3,10	10,96	13,24	12,48	101,15	114,36	63,10	119,06							

Desplazamiento de línea de costa playa Marbella												Estadísticas DSAS playa Marbella				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
119		0,00	-2,52	7,09	-1,79	-1,23	34,30	11,42	-42,66	123,62		119	2,10	1,33	130,75	128,23
120		0,00	-0,08	7,19	-1,83	-0,87	25,29	3,24	-26,79	102,13		120	1,77	1,08	108,35	108,27
121		0,00	2,95	4,56	0,11	-1,67	32,36	2,29	-34,50	106,81		121	1,85	1,15	112,90	112,90
122		0,00	9,72	4,16	-0,55	-1,24	44,84	12,31	-57,05	112,84		122	2,05	1,40	125,03	125,03
Variación absoluta (m)		0,00	2,52	5,75	-1,02	-1,26	34,20	7,32	-40,25	111,35		Promedio	1,94	1,24	119,26	118,61
Variación relativa (m/a)		0,00	0,18	0,36	-0,51	-0,13	8,55	1,46	-10,06	18,56		Desv.std.	0,16	0,15	10,40	9,54
Desarrollo acumulado (m)		0,00	2,52	8,27	7,25	5,99	40,19	47,51	7,26	118,61						

A.7 Playas Puericultorio Pérez Aranibar, López Solís y Bertolotto

Desplazamiento de línea de costa playa Puericultorio Pérez Aranibar												Estadísticas DSAS playa Puericultorio P.A.				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
123		0,00	6,75	6,97	-4,63	-1,44	145,18	-74,44	-69,34	117,68		123	2,08	1,74	152,83	126,73
124		0,00	0,86	13,55	-1,19	-1,53	8,78	8,47	-16,75	90,42		124	1,68	1,00	102,61	102,61
125		0,00	-3,11	15,47	-2,44	-1,73	12,89	4,93	-15,63	103,04		125	1,86	1,10	116,52	113,42
126		0,00	0,59	13,27	-3,37	0,22	20,62	-2,49	-18,23	100,75		126	1,83	1,10	111,37	111,37
127		0,00	2,46	15,01	-3,19	0,21	18,14	3,11	-17,98	96,23		127	1,87	1,17	113,99	113,99
128		0,00	2,48	12,35	2,63	0,78	16,45	6,59	-22,16	96,60		128	1,90	1,23	115,73	115,73
129		0,00	-0,50	16,64	-4,12	0,80	25,03	3,52	-24,61	90,88		129	1,76	1,19	108,14	107,64
130		0,00	-0,90	14,26	1,74	0,04	24,62	8,59	-29,82	89,37		130	1,77	1,24	108,79	107,89
131		0,00	-7,27	18,10	-1,52	0,98	26,86	9,81	-33,49	88,74		131	1,68	1,21	109,48	102,22
132		0,00	-7,00	20,40	0,12	1,49	26,72	7,61	-32,45	77,93		132	1,55	1,19	101,81	94,80
133		0,00	-4,02	13,39	-0,61	2,00	25,91	7,85	-34,78	82,66		133	1,51	1,08	96,43	92,41
Variación absoluta (m)		0,00	-0,88	14,49	-1,51	0,17	31,93	-1,50	-28,66	94,03		Promedio	1,77	1,20	112,52	108,07
Variación relativa (m/a)		0,00	-0,06	0,91	-0,75	0,02	7,98	-0,30	-7,16	15,67		Desv.std.	0,16	0,19	14,73	9,83
Desarrollo acumulado (m)		0,00	-0,88	13,62	12,11	12,27	44,20	42,71	14,05	108,07						

Desplazamiento de línea de costa López Solís												Estadísticas DSAS playa López Solís				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
134		0,00	-14,10	3,77	1,75	0,23	7,43	6,02	-12,67	121,92		134	1,87	0,97	128,44	114,34
135		0,00	-11,01	-3,06	8,23	0,45	3,79	8,13	-11,24	128,23		135	2,02	1,05	137,58	123,52
136		0,00	-3,04	-0,67	1,99	0,33	9,36	23,41	-31,33	138,78		136	2,28	1,25	142,55	138,84
137		0,00	-7,48	3,94	2,12	1,43	3,66	4,96	-10,19	145,52		137	2,36	1,20	151,45	143,97
138		0,00	-11,08	8,72	-1,81	1,15	13,36	9,59	-23,95	162,27		138	2,59	1,39	169,33	158,25
139		0,00	-12,69	6,11	4,19	0,96	0,08	4,66	-3,70	143,46		139	2,35	1,21	155,75	143,06
140		0,00	-16,59	14,25	-1,38	2,59	3,15	1,04	-3,32	120,27		140	1,97	1,06	136,61	120,01
141		0,00	-17,32	23,45	-1,51	1,69	-4,26	2,91	-0,79	106,28		141	1,81	1,01	127,77	110,45

Cuadro continúa en la página siguiente

142	0,00	-21,48	9,88	3,47	2,05	2,56	7,45	-6,83	95,66		142	1,52	0,88	114,23	92,75
143	0,00	-30,42	10,27	8,09	0,79	0,71	9,60	-8,68	81,41		143	1,18	0,72	102,18	71,76
144	0,00	-26,61	11,83	1,36	0,63	7,70	8,56	-10,89	84,73		144	1,27	0,77	103,92	77,31
Variación absoluta (m)	0,00	-15,62	8,05	2,41	1,12	4,32	7,85	-11,24	120,78		Promedio	1,93	1,05	133,62	117,66
Variación relativa (m/a)	0,00	-1,12	0,50	1,20	0,11	1,08	1,57	-2,81	20,13		Desv.std.	0,46	0,21	21,20	28,09
Desarrollo acumulado (m)	0,00	-15,62	-7,57	-5,16	-4,05	0,27	8,12	-3,11	117,66						

Desplazamiento de línea de costa playa Bertolotto											Estadísticas DSAS playa Bertolotto					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
145	0,00	-25,74	11,44	5,91	0,78	-0,78	-3,47	4,20	71,36		145	1,04	0,58	89,43	63,70	
146	0,00	-30,66	12,51	0,54	0,54	-1,56	-2,95	6,28	69,13		146	0,88	0,43	84,48	53,82	
147	0,00	-35,45	15,61	1,52	-0,60	-0,55	0,57	-0,06	70,26		147	0,84	0,43	86,74	51,29	
148	0,00	-39,10	17,09	0,31	-0,71	7,86	4,44	-11,98	73,18		148	0,84	0,50	90,20	51,09	
149	0,00	-48,72	20,46	1,15	-0,34	8,65	3,54	-11,13	69,30		149	0,70	0,46	91,63	42,91	
150	0,00	-39,86	21,50	-3,75	-1,40	12,14	-0,11	-9,98	60,75		150	0,64	0,41	79,15	39,29	
151	0,00	-34,24	20,56	-0,53	-1,21	12,52	-10,90	0,47	55,57		151	0,69	0,45	76,49	42,25	
152	0,00	-36,12	11,18	4,44	-2,35	14,06	5,85	-15,34	53,77		152	0,58	0,43	71,61	35,50	
Variación absoluta (m)	0,00	-36,23	16,29	1,20	-0,66	6,54	-0,38	-4,69	65,42		Promedio	0,78	0,46	83,72	47,48	
Variación relativa (m/a)	0,00	-2,59	1,02	0,60	-0,07	1,64	-0,08	-1,17	10,90		Desv.std.	0,15	0,06	7,24	9,18	
Desarrollo acumulado (m)	0,00	-36,23	-19,94	-18,74	-19,40	-12,86	-13,24	-17,93	47,48							

A.8 Playas Costanera Sur y Costanera Norte

Desplazamiento de línea de costa playa Costanera Sur										Estadísticas DSAS playa Costanera Sur						
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
153	0	-45,21	15,61	3,97	-2,68	-1,46	6,03	1,01	52,84		153	0,49	0,29	75,33	30,11	
154	0	-50,93	14,40	1,06	-2,63	-13,54	-1,94		73,70		154	0,33	0,02	73,70	20,13	
155	0	-73,56	29,19	0,59	-0,25	-12,80	4,25		46,24		155	-0,10	-0,07	73,56	-6,34	
156	0	-67,71	16,64	4,45	1,14	-12,48	3,30	10,11	38,31		156	-0,10	-0,13	67,71	-6,23	
157	0	-69,06	19,76	0,83	0,74	-8,84	2,17	7,38	36,73		157	-0,17	-0,16	69,06	-10,30	
158	0	-66,72	17,27	-2,62	0,82	-5,62	7,13	-0,84	40,22		158	-0,17	-0,18	66,72	-10,36	
159	0	-52,23	5,96	3,11	0,98	-9,18	7,55	2,48	31,77		159	-0,16	-0,19	52,23	-9,55	
160	0	-54,34	14,36	-1,13	0,59	-6,30	0,90	6,44	26,08		160	-0,22	-0,20	54,34	-13,40	
161	0	-53,98	14,48	4,37	0,12	-7,02	-0,02	6,49	29,95		161	-0,09	-0,09	53,98	-5,61	
162	0	-49,53	21,50	5,13	0,24	-10,17	2,39	7,80	23,01		162	0,01	0,05	49,91	0,38	
163	0	-45,06	21,46	-1,09	0,18	-5,17	1,48	5,10	24,49		163	0,02	0,04	46,44	1,38	
164	0	-46,12	16,85	7,02	-0,69	-4,21	-1,31	7,04	25,59		164	0,07	0,09	50,29	4,17	
165	0	-43,79	25,21	-0,66	-0,51	-4,89	3,28	2,86	20,70		165	0,04	0,09	45,98	2,19	
166	0	-39,37	33,71	-8,66	-1,24	-1,94	6,48	-4,08	28,98		166	0,23	0,21	53,27	13,90	
167	0	-30,47	30,13	1,41	-0,20	-4,78	6,17	-0,45	12,81		167	0,24	0,34	45,08	14,61	

Cuadro continúa en la página siguiente

168	0	-27,80	29,37	5,13	-1,09	-5,81	2,98	4,12	6,48	168	0,22	0,35	41,19	13,39
169	0	-23,38	32,45	-6,42	-1,59	-9,39	1,49	10,69	11,89	169	0,26	0,23	39,13	15,75
170	0	-28,48	27,99	1,89	-1,00	-22,39	5,85	19,19	1,47	170	0,07	0,12	32,99	4,51
Desplazamiento periódico (m)	0	-48,21	21,46	1,02	-0,39	-8,11	3,23	5,33	25,71	Promedio	0,05	0,05	55,05	3,26
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	-3,44	1,34	0,51	-0,04	-2,03	0,65	1,33	4,28	Desv.std.	0,20	0,19	12,93	12,35
Desplazamiento acumulado (m)	0	-48,21	-26,74	-25,72	-26,12	-34,23	-30,99	-25,66	0,05					

Transecto N°	Desplazamiento de línea de costa playa Costanera Norte											Estadísticas DSAS playa Costanera Norte				
	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
171	0	-24,07	24,32	-14,44	-0,28	-9,28	10,75	0,77	10,12	171	-0,03	-0,04	24,32	-2,10		
172	0	-19,65	15,42	-7,19	-0,06	-12,27	6,80	7,74	6,58	172	-0,04	-0,07	23,75	-2,63		
173	0	-9,12	5,25	-5,64	-0,02	-13,47	6,78	8,33	9,47	173	0,03	-0,10	24,58	1,59		
174	0	0,88	5,50	-11,51	0,70	-15,65	4,75	13,68	11,11	174	0,15	-0,08	29,53	9,45		
175	0	4,97	10,49	-13,20	-0,77	-16,40	1,46	16,63	4,13	175	0,12	-0,10	30,37	7,30		
176	0	29,75	-0,85	-16,82	-0,03	-17,39	-3,54	18,88	7,27	176	0,28	-0,14	38,64	17,26		
177	0	34,53	-9,32	-14,26	-0,44	-6,24	5,02	0,58	10,68	177	0,34	-0,03	34,53	20,55		
178	0	30,37	-5,13	-2,19	-1,02	-21,09	12,54	8,38	-0,98	178	0,34	0,08	30,37	20,88		
179	0	20,01	-0,36	-0,81	-0,09	-11,28	11,36	-2,55	-0,50	179	0,26	0,14	20,01	15,78		
180	0	6,28	19,03	-9,68	1,14	-3,27	10,76	-9,16	-4,93	180	0,17	0,22	25,32	10,17		
181	0	-8,85	28,10	-2,32	0,01	-8,26	12,14	-6,98	-9,06	181	0,08	0,26	29,67	4,77		
182	0	-5,78	34,67	-9,51	0,60	-5,01	7,47	-3,88	-7,64	182	0,18	0,32	34,67	10,92		
183	0	-5,29	31,65	-0,52	0,57	-15,55	11,67	4,48	-23,14	183	0,06	0,30	32,29	3,86		
184	0	-3,85	22,52	1,37	-0,62	-10,80	9,51	1,91	-15,36	184	0,08	0,25	23,89	4,68		
185	0	-11,41	25,76	0,83	0,58	-16,50	6,70	10,41	-25,82	185	-0,15	0,10	27,79	-9,44		
186	0	-10,18	20,06	2,79	0,42	-10,05	2,35	10,31	-21,11	186	-0,09	0,14	25,88	-5,41		
187	0	-22,53	15,26	6,76	0,82	-7,96	2,42	5,78	-22,65	187	-0,36	-0,03	23,08	-22,10		
188	0	-18,90	19,79	-1,16	-4,72	8,26	-2,30	-18,21		188	-0,28	0,02	22,17	-17,24		
189	0	-15,34	17,02	-0,92	-5,82	8,90	-1,70	-17,55		189	-0,25	0,01	19,25	-15,41		
190	0	-17,34	20,13	-0,53	-5,50	0,11	6,62	-17,69		190	-0,23	0,02	20,83	-14,20		
191	0	-14,03	12,58	-0,51	-3,00	0,94	3,15	-12,25		191	-0,22	-0,03	14,03	-13,12		
192	0	-9,17	3,15	-1,39	-3,52	1,36	3,12	-8,61		192	-0,25	-0,15	15,07	-15,07		
Desplazamiento periódico (m)	0	-3,12	14,26	-5,67	-0,14	-10,14	6,30	4,28	-6,64	Promedio	0,01	0,05	25,91	0,48		
Tasa de desplazamiento (m/a)	0	-0,22	0,89	-2,83	-0,01	-2,53	1,26	1,07	-1,11	Desv.std.	0,21	0,15	6,26	13,06		
Desplazamiento acumulado (m)	0	-3,12	11,14	5,47	5,33	-4,81	1,49	5,77	-0,87							

A.9 Playa La Mar Brava Sur

Transecto N°	Desplazamiento de línea de costa playa La Mar Brava Sur											Estadísticas DSAS playa La Mar Brava Sur				
	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
193	0,00	-2,24		-1,15	-1,03	2,44	3,55	-4,23	-2,59	-4,37		193	-0,09	-0,04	6,83	-5,25
194	0,00	-3,72		6,31	-1,12	-2,70	1,76	2,13	-11,13	-4,34		194	-0,14	-0,02	11,13	-8,47
195	0,00	-8,74		10,77	-0,06	-7,56	-0,43	9,53	-20,85	-4,20		195	-0,28	-0,09	20,85	-17,35
196	0,00	-10,51		13,94	-0,69	-9,59	1,53	9,26	-19,49	-3,68		196	-0,25	-0,06	19,49	-15,55
197	0,00	-18,13		24,23	-1,10	-9,47	2,39	7,42	-22,63	-6,64		197	-0,28	0,01	24,23	-17,28
198	0,00	-18,23		19,31	-0,79	-6,77	4,16	2,41	-21,21	-9,45		198	-0,35	-0,05	22,19	-21,11
199	0,00	-17,60		20,89	0,73	-11,06	-4,22	14,37	-28,94	-5,02		199	-0,42	-0,11	29,85	-25,83
200	0,00	-18,66		23,52	0,40	-11,29	-1,00	11,31	-30,12	-7,82		200	-0,42	-0,08	31,10	-25,85
201	0,00	-25,70		31,56	-0,05	-10,07	-3,20	12,87	-35,13	-9,34		201	-0,49	-0,04	35,58	-29,72
202	0,00	-29,59		29,08	-1,06	-2,30	-6,53	8,44	-28,51	-9,01		202	-0,50	-0,07	30,47	-30,47
203	0,00	-23,58		21,92	-0,80	0,51	-5,27	4,13	-28,60	-12,12		203	-0,52	-0,11	31,70	-31,70
204	0,00	-18,08		23,52	0,41	-5,97	0,87	4,08	-28,98	-12,35		204	-0,40	-0,02	29,99	-24,15
205	0,00	-19,76		19,01	-0,53	-4,01	0,10	3,33	-26,15	-11,40		205	-0,46	-0,11	28,01	-28,01
206	0,00	-15,63	15,59	1,69	0,08	-4,75	2,90	0,92	-20,34	-10,05		206	-0,32	-0,04	21,27	-19,53
207	0,00	-19,42	20,03	-1,27	0,75	-6,94	-0,86	5,88	-22,81	-7,83		207	-0,40	-0,11	25,25	-24,65
208	0,00	-15,62	13,79	-2,45	0,34	-5,24	0,55	3,67	-21,66	-8,79		208	-0,44	-0,18	26,62	-26,62
209	0,00	-15,18	15,52	-4,96	0,33	-3,38	0,42	2,07	-19,88	-8,99		209	-0,41	-0,17	25,41	-25,06
210	0,00	-16,78	12,11	-5,10	1,12	-1,73	1,85	-0,45	-17,44	-9,50		210	-0,43	-0,19	26,41	-26,41
211	0,00	-14,84	3,37	4,07	0,92	-2,54	7,41	-5,95	-25,17	-17,47		211	-0,54	-0,20	32,72	-32,72
212	0,00	-16,00	8,52	2,89	0,73	2,66	6,19	-9,73	-25,25	-20,20		212	-0,49	-0,11	34,98	-29,99
213	0,00	-14,31	5,65	1,58	1,02	7,92	1,95	-13,69	-25,88	-23,35		213	-0,59	-0,19	39,58	-35,76
214	0,00	-15,96	13,33	-4,18	0,15	11,83	-2,12	-11,97	-24,13	-21,20		214	-0,54	-0,16	38,21	-33,04
215	0,00	-13,30	3,11	3,38	-0,22	8,93	-0,14	-13,30	-24,08	-22,12		215	-0,58	-0,21	37,53	-35,61
216	0,00	-14,57	4,59	5,08	1,30	5,26	2,56	-11,37	-27,74	-22,68		216	-0,57	-0,16	39,11	-34,89
217	0,00	-14,82	9,51	-5,87	0,49	10,51	-0,39	-10,08	-28,87	-22,36		217	-0,65	-0,25	39,52	-39,52
218	0,00	-12,10	10,04	-4,34	-0,66	7,64	-2,93	-3,28	-24,90	-15,43		218	-0,50	-0,18	31,10	-30,52
219	0,00	-15,40	10,91	-1,93	-0,21	4,98	-3,79	-2,38	-26,23	-15,50		219	-0,56	-0,22	34,05	-34,05
220	0,00	-9,19	6,33	-0,18	2,20	9,32	-2,07	-6,18	-29,43	-19,88		220	-0,48	-0,09	37,67	-29,19
221	0,00	-13,44	9,06	-5,40	1,10	16,27	4,19	-13,01	-26,49	-23,19		221	-0,45	-0,04	39,50	-27,73
222	0,00	-13,11	3,13	0,08	1,20	15,85	0,55	-9,41	-29,10	-22,00		222	-0,51	-0,07	38,51	-30,81
223	0,00	-9,35	16,92	-12,57	1,28	17,75	2,63	-14,05	-34,92	-28,36		223	-0,53	-0,06	48,97	-32,31
Desplazamiento periódico (m)	0,00	-15,28	10,08	-1,64	0,20	0,53	0,41	-0,88	-24,47	-13,51		Promedio	-0,44	-0,11	30,25	-26,75
Tasa de desplazamiento (m/a)	0,00	-1,09	0,63	-0,82	0,02	0,13	0,08	-0,22	-4,08	-2,25		Desv.std.	0,13	0,07	8,91	7,84
Desplazamiento acumulado (m)	0,00	-15,28	-5,19	-6,83	-6,63	-6,09	-5,69	-6,57	-31,04	-44,55						

A.10 Playas La Mar Brava Norte y Carpayo

Desplazamiento de línea de costa playa La Mar Brava Norte												Estadísticas DSAS playa La Mar Brava N.				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
224		0,00	-14,40	61,87	-45,95	1,05	18,05	3,37	-13,39	-33,23		224	-0,37	0,06	70,11	-22,64
225		0,00	-11,11	26,46	-10,14	1,50	17,86	2,75	-12,86	12,38		225	0,44	0,53	38,43	26,83
226		0,00	-7,29	13,85	-39,18	-0,31	15,25	10,34	-18,29	0,64		226	-0,41	-0,39	39,49	-24,98
227		0,00	-12,91	22,40	-38,54	0,74	16,21	3,66	-12,93	0,50		227	-0,34	-0,29	38,54	-20,86
228		0,00	-8,77	32,34	-6,85	0,32	12,59	-15,97	12,28	5,93		228	0,52	0,56	40,64	31,88
229		0,00	-13,73	3,37	-24,09	-0,52	4,19	4,07	-0,06	3,87		229	-0,38	-0,42	34,97	-22,91
230		0,00	-9,35	25,95	-38,10	0,04	6,01	5,83	-3,71	-10,58		230	-0,39	-0,32	40,51	-23,92
231		0,00	-7,93	91,12	-54,07	0,53	9,75	-4,21	0,71	1,59		231	0,61	0,65	91,12	37,49
Variación absoluta (m)		0,00	-10,69	34,67	-32,11	0,42	12,49	1,23	-6,03	-2,36		Promedio	-0,04	0,05	49,23	-2,39
Variación relativa (m/a)		0,00	-0,76	2,17	-16,06	0,04	3,12	0,25	-1,51	-0,39		Desv.std.	0,47	0,47	20,25	28,70
Desarrollo acumulado (m)		0,00	-10,69	23,98	-8,13	-7,71	4,78	6,01	-0,03	-2,39						

Desplazamiento de línea de costa playa Carpayo												Estadísticas DSAS playa Carpayo				
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
232		0,00	-8,07	22,91	-3,65	0,51	17,10	-8,55	-0,39	7,79		232	0,45	0,53	36,87	27,65
233		0,00	-9,37	20,38	-32,25	0,45	23,28	1,78	-19,07	15,93		233	0,02	-0,01	32,25	1,13
234		0,00	-11,36	22,50	-37,97	0,29	22,41	-3,94	-10,96	14,26		234	-0,08	-0,14	37,97	-4,77
235		0,00	-6,31	15,24	-34,44	-0,21	10,47	-3,01	-2,98	6,24		235	-0,25	-0,34	34,65	-15,00
Variación absoluta (m)		0,00	-8,77	20,26	-27,08	0,26	18,31	-3,43	-8,35	11,06		Promedio	0,04	0,01	35,44	2,25
Variación relativa (m/a)		0,00	-0,63	1,27	-13,54	0,03	4,58	-0,69	-2,09	1,84		Desv.std.	0,30	0,37	2,53	18,20
Desarrollo acumulado (m)		0,00	-8,77	11,48	-15,59	-15,33	2,98	-0,45	-8,80	2,25						

A.11 Playas La Arenilla y Malecón Prado

Desplazamiento de línea de costa playa La Arenilla											Estadísticas DSAS playa La Arenilla					
Transecto N°	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011	Transecto N°	EPR	LRR	SCE	NSM
236		0,00	-6,48	37,78	19,56	0,24	-26,65	-10,59	14,64	-6,79		236	0,36	0,45	57,58	21,72
237		0,00	-6,93	92,58	-2,57	0,19	-4,47	-7,57	13,07	-10,57		237	1,21	1,47	92,58	73,72
238		0,00	-15,09	125,36	-3,41	0,25	-3,68	-7,03	10,70	-7,91		238	1,63	1,99	125,36	99,20
239		0,00	-16,34	160,34	-5,23	0,38	-3,14	-7,37	11,47	-7,15		239	2,18	2,62	160,34	132,96
240		0,00	-6,89	176,85	8,60	0,25	-6,73	1,41	4,05	-11,70		240	2,72	3,27	185,70	165,84
241		0,00	-19,53	191,92	15,45	0,33	-8,22	6,08	1,17	-9,27		241	2,92	3,59	207,69	177,91
242		0,00	-27,87		279,20	-0,26	3,85	-3,14	-2,43	-9,28		242	3,94	5,06	282,79	240,07
243		0,00	-42,02		281,87	0,13	-10,07	-8,20	15,36	-3,55		243	3,83	4,86	282,00	233,52
244		0,00	-21,53		223,44	-0,82	-3,94	-13,72	12,55	-4,73		244	3,14	3,92	223,44	191,24
245		0,00	-14,11		149,42	-1,74	1,87	-12,58	6,19	-1,66		245	2,09	2,61	149,55	127,40

Cuadro continúa en la página siguiente

246	0,00	-2,58		165,09	-0,47	2,38	-12,61	7,20	7,49
247	0,00	8,66		131,10	-1,12	2,63	-12,25	7,22	5,12
248	0,00	3,07		72,44	-0,86	8,19	-2,80	-11,50	18,93
Variación absoluta (m)	0,00	-12,89	130,80	5,40	-0,27	-3,69	-6,95	6,90	-3,16
Variación relativa (m/a)	0,00	-0,92	8,18	2,70	-0,03	-0,92	-1,39	1,72	-0,53
Desarrollo acumulado (m)	0,00	-12,89	117,91	123,31	123,04	119,35	112,40	119,30	116,14

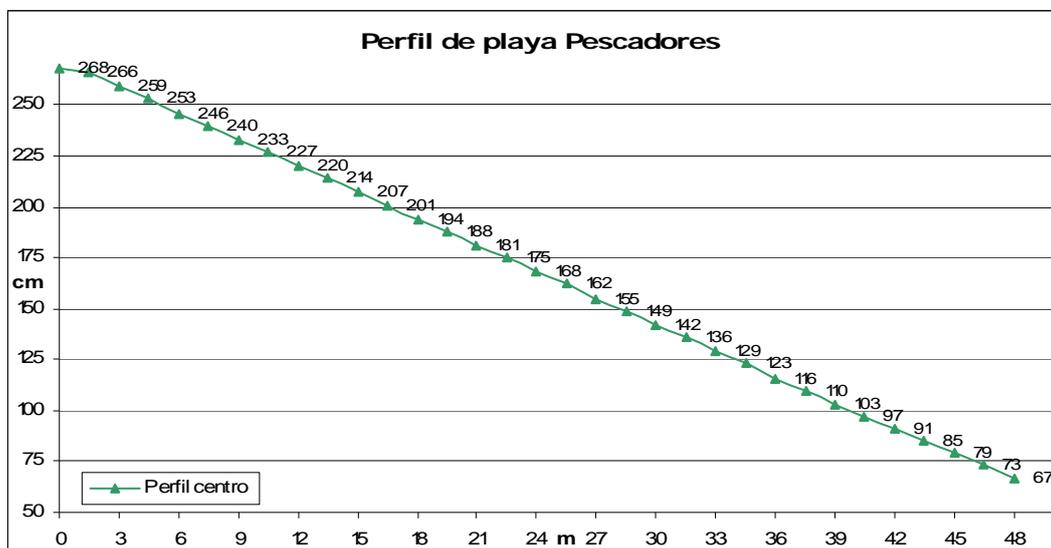
246	2,73	3,18	169,09	166,52
247	2,32	2,63	141,36	141,36
248	1,43	1,55	87,47	87,47
Promedio	2,35	2,86	166,53	142,99
Desv.std.	1,03	1,33	69,76	62,65

Transecto N°	Desplazamiento de línea de costa playa Malecón Pardo										
	1936	1944	1958	1974	1976	1986	1990	1995	1999	2005	2011
249	0,00	-3,41			55,92	-0,23	-1,04	-0,89	-3,12	42,06	
250	0,00	1,86			95,05	-0,76	-0,84	-8,60	3,72	13,11	
251	0,00	6,88			102,22	-1,23	14,71	-6,32	-12,67	13,95	
252	0,00				110,62	-0,14	17,87	0,04	-23,73	16,64	
Variación absoluta (m)	0,00	1,78			90,95	-0,59	7,68	-3,94	-8,95	21,44	
Variación relativa (m/a)	0,00	0,13			5,05	-0,06	1,92	-0,79	-2,24	3,57	
Desarrollo acumulado (m)	0,00	1,78	1,78		92,73	92,14	99,82	95,88	86,92	108,36	

Transecto N°	Estadísticas DSAS playa Malecón Pardo			
	EPR	LRR	SCE	NSM
249	1,46	1,29	92,70	89,29
250	1,70	1,85	103,54	103,54
251	1,93	2,19	122,59	117,55
252	1,99	1,99	128,39	121,30
Promedio	1,77	1,83	111,81	107,92
Desv.std.	0,24	0,39	16,58	14,58

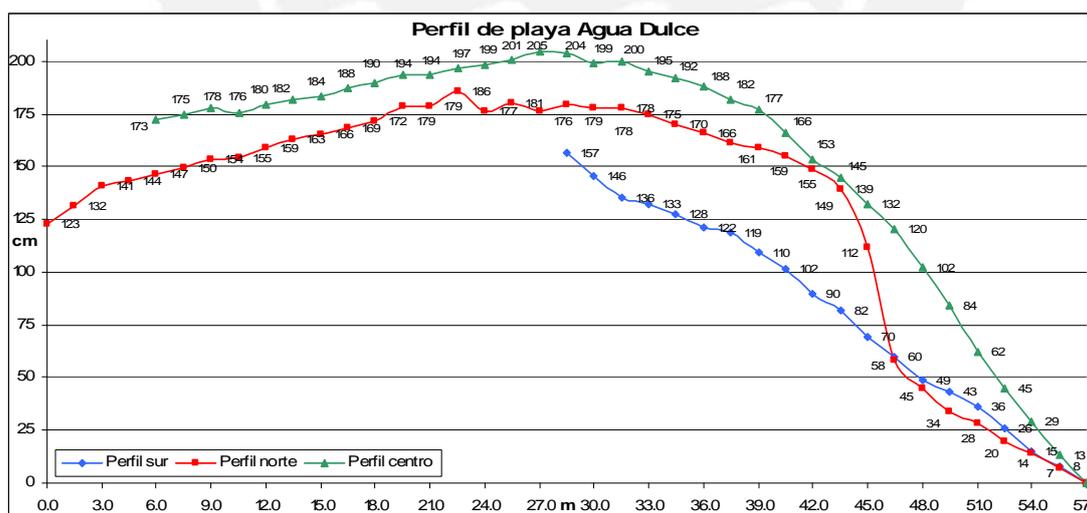
B. Perfiles de playa y variabilidad del nivel de marea ensenada de Chorrillos

B.1 Playa Pescadores



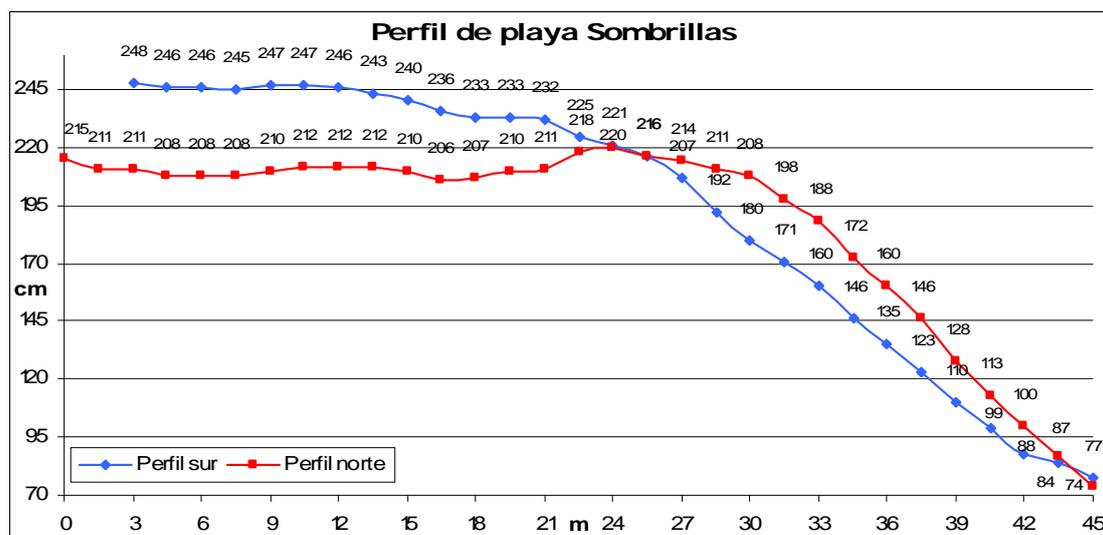
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Centro	Nivel actual de marea (14.06.2007 - 15:47)	67,00	48,00
	Nivel máximo de marea	140,00	30,62
	Nivel mínimo de marea	-30,00	70,24
	Amplitud máxima de marea	170,00	39,62

B.2 Playa Agua Dulce



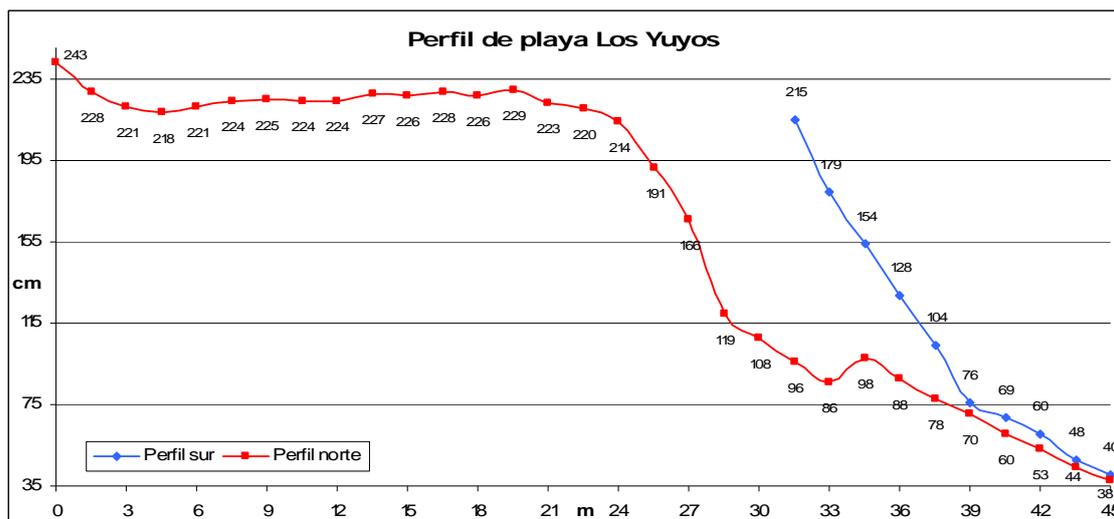
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (14.06.2007)	0,00	57,00
	Nivel máximo de marea	140,00	32,25
	Nivel mínimo de marea	-30,00	62,67
	Amplitud máxima de marea	170,00	30,42
Centro	Nivel actual de marea (14.06.2007)	0,00	57,00
	Nivel máximo de marea	140,00	34,26
	Nivel mínimo de marea	-30,00	67,33
	Amplitud máxima de marea	170,00	33,07
Norte	Nivel actual de marea (14.06.2007)	0,00	57,00
	Nivel máximo de marea	140,00	27,11
	Nivel mínimo de marea	-30,00	59,06
	Amplitud máxima de marea	170,00	31,95

B.3 Playa Sombrillas



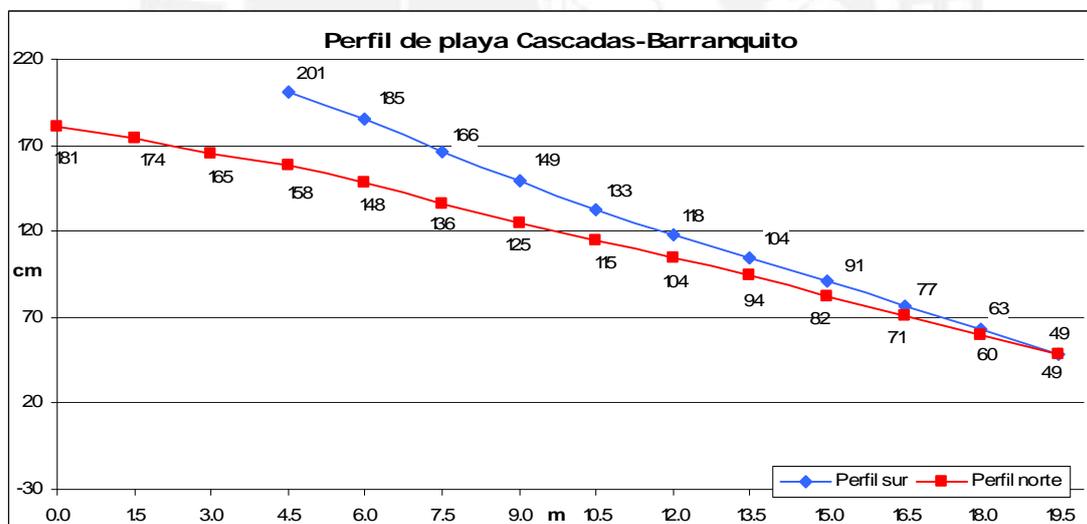
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (05.05.2007 - 10:37)	77,00	45,00
	Nivel máximo de marea	140,00	34,60
	Nivel mínimo de marea	-30,00	69,05
	Amplitud máxima de marea	170,00	34,46
Norte	Nivel actual de marea (05.05.2007 - 10:50)	74,00	45,00
	Nivel máximo de marea	140,00	34,02
	Nivel mínimo de marea	-30,00	75,50
	Amplitud máxima de marea	170,00	41,47

B.4 Playa Los Yuyos



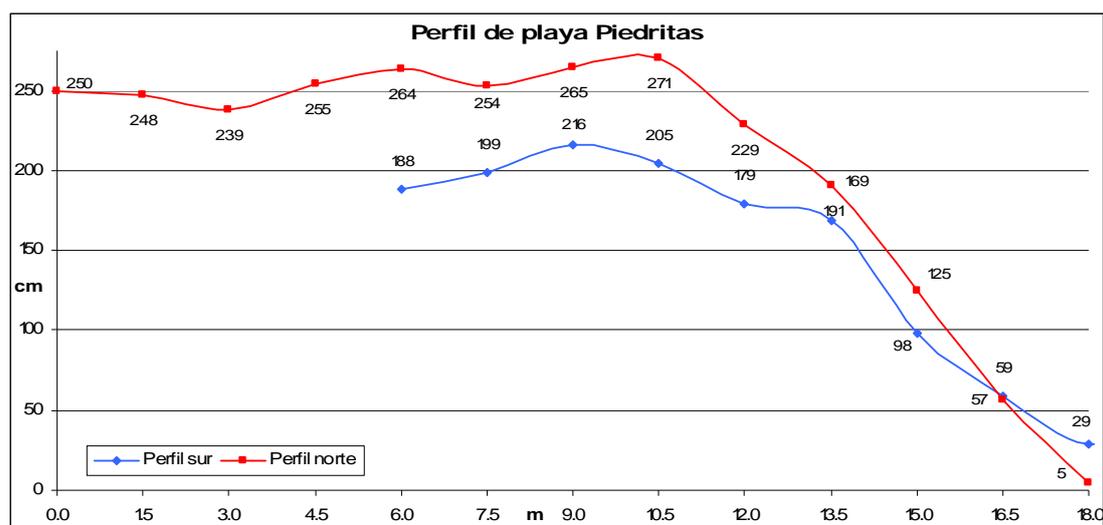
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (16.06.2007 - 12:25)	40,00	45,00
	Nivel máximo de marea	140,00	35,83
	Nivel mínimo de marea	-30,00	48,41
	Amplitud máxima de marea	170,00	28,96
Norte	Nivel actual de marea (16.06.2007 - 12:40)	38,00	45,00
	Nivel máximo de marea	140,00	26,76
	Nivel mínimo de marea	-30,00	55,72
	Amplitud máxima de marea	170,00	28,96

B.5 Playa Cascadas – Barranquito



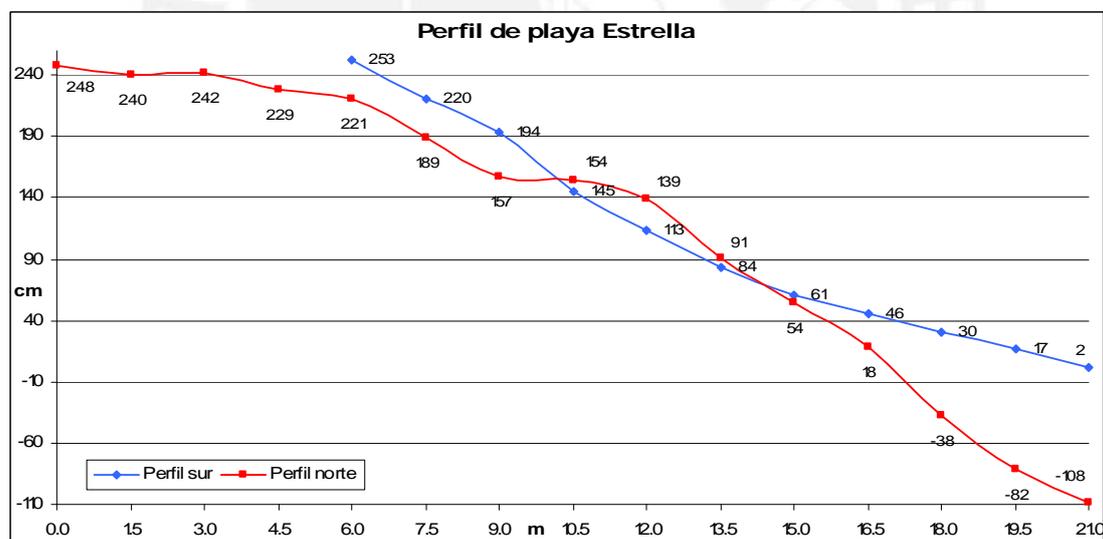
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (02.05.2007 14:02)	49,00	19,50
	Nivel máximo de marea	140,00	10,16
	Nivel mínimo de marea	-30,00	27,01
	Amplitud máxima de marea	170,00	16,85
Norte	Nivel actual de marea (02.05.2007 14:02)	49,00	19,50
	Nivel máximo de marea	140,00	6,68
	Nivel mínimo de marea	-30,00	31,18
	Amplitud máxima de marea	170,00	24,49

B.6 Playa Piedritas



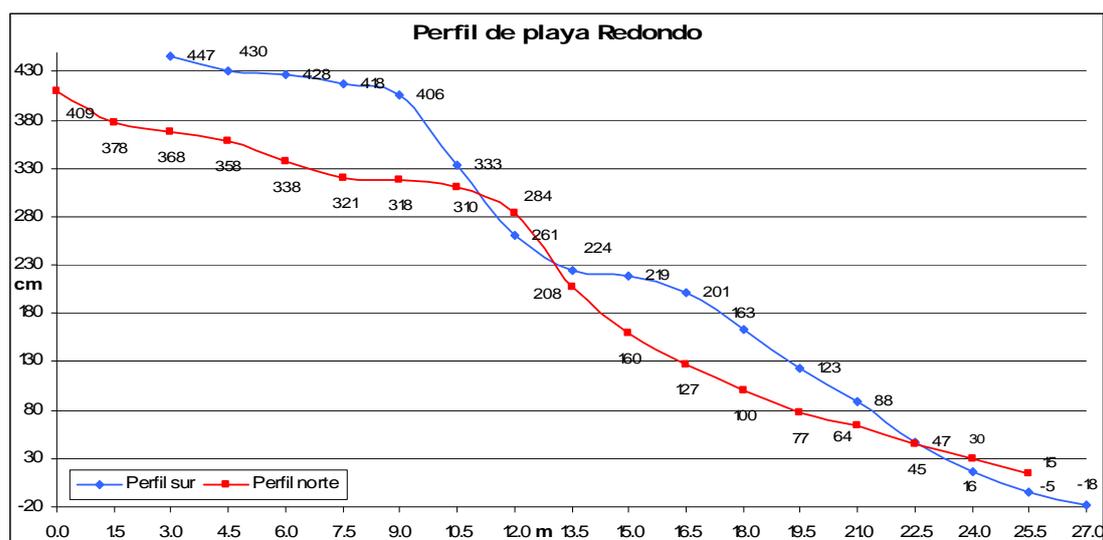
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (14.06.2007 - 14:30)	59,00	16,50
	Nivel máximo de marea	140,00	12,72
	Nivel mínimo de marea	-30,00	22,39
	Amplitud máxima de marea	170,00	9,67
Norte	Nivel actual de marea (02.05.2007 14:02)	57,00	16,50
	Nivel máximo de marea	140,00	12,31
	Nivel mínimo de marea	-30,00	21,15
	Amplitud máxima de marea	170,00	8,83

B.7 Playa Estrella



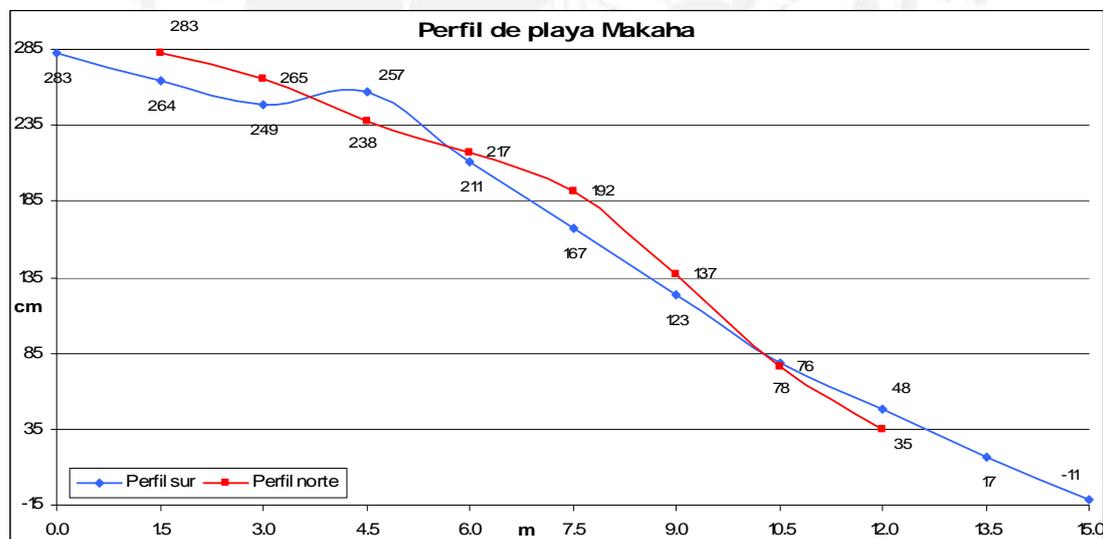
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (12.05.2007 - 15:21)	84,00	13,50
	Nivel máximo de marea	140,00	11,57
	Nivel mínimo de marea	-30,00	21,18
	Amplitud máxima de marea	170,00	9,61
Norte	Nivel actual de marea (12.05.2007 - 14:18)	91,00	13,50
	Nivel máximo de marea	140,00	9,28
	Nivel mínimo de marea	-30,00	18,30
	Amplitud máxima de marea	170,00	9,02

B.8 Playa Redondo



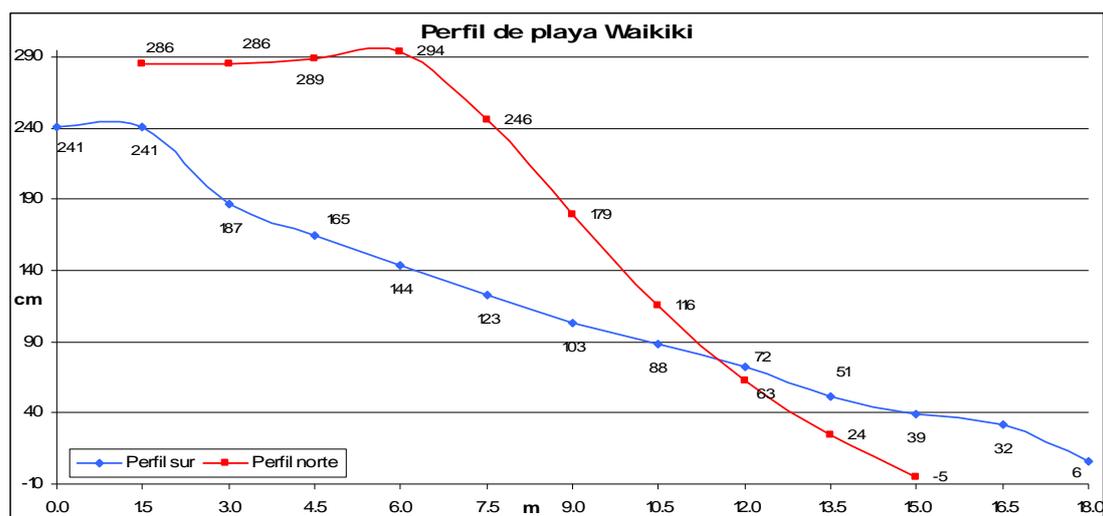
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (11.06.2007 - 13:10)	47,00	22,50
	Nivel máximo de marea	140,00	18,74
	Nivel mínimo de marea	-30,00	26,47
	Amplitud máxima de marea	170,00	7,72
Norte	Nivel actual de marea (11.06.2007 - 12:45)	45,00	22,50
	Nivel máximo de marea	140,00	17,12
	Nivel mínimo de marea	-30,00	26,74
	Amplitud máxima de marea	170,00	9,62

B.9 Playa Makaha



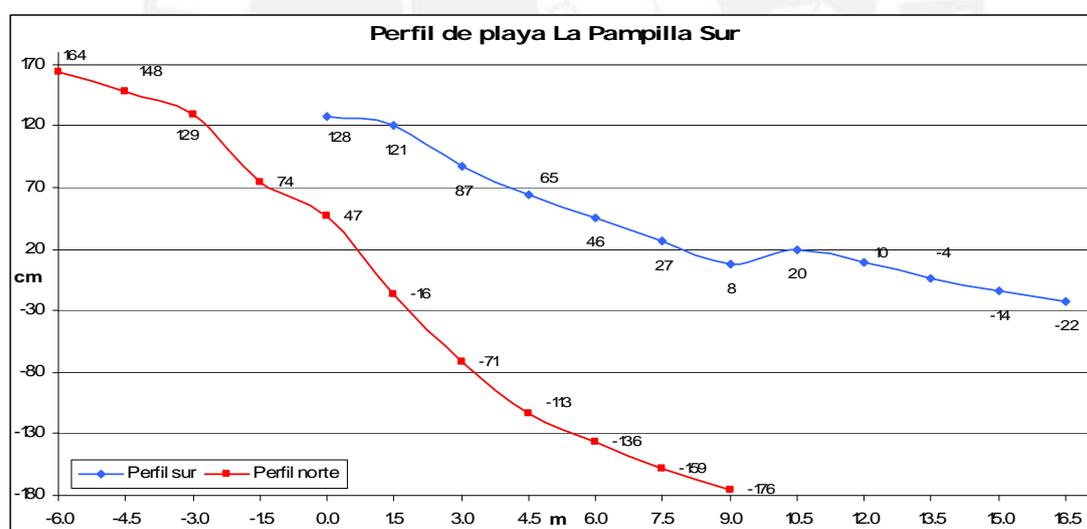
PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (25.05.2007 - 15:11)	78,00	10,50
	Nivel máximo de marea	140,00	8,10
	Nivel mínimo de marea	-30,00	15,83
	Amplitud máxima de marea	170,00	7,73
Norte	Nivel actual de marea (25.05.2007 - 15:25)	76,00	10,50
	Nivel máximo de marea	140,00	8,37
	Nivel mínimo de marea	-30,00	15,17
	Amplitud máxima de marea	170,00	6,80

B.10 Playa Waikiki



PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (25.05.2007 - 15:11)	72,00	12,00
	Nivel máximo de marea	140,00	7,09
	Nivel mínimo de marea	-30,00	19,82
	Amplitud máxima de marea	170,00	12,72
Norte	Nivel actual de marea (25.05.2007 - 15:25)	63,00	12,00
	Nivel máximo de marea	140,00	9,61
	Nivel mínimo de marea	-30,00	15,78
	Amplitud máxima de marea	170,00	6,17

B.11 Playa La Pampilla Sur



PERFIL	PARÁMETROS	VARIACIÓN DEL NIVEL DE MAREA	
		VERTICAL (cm)	HORIZONTAL (m)
Sur	Nivel actual de marea (01.06.2007 - 14:01)	46,00	6,00
	Nivel máximo de marea	140,00	-2,06
	Nivel mínimo de marea	-30,00	15,35
	Amplitud máxima de marea	170,00	17,42
Norte	Nivel actual de marea (01.06.2007 - 14:20)	-136,00	6,00
	Nivel máximo de marea	140,00	-4,25
	Nivel mínimo de marea	-30,00	2,27
	Amplitud máxima de marea	170,00	6,52