AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS

Autoridad Nacional de Administración de Tierras
Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia
Departamento de Geofísica y
Estudios Especiales

ESCUELA Y REUNION SIRGAS 2013
Sistema de Referencia Geocéntrico Para Las Américas
Panamá, República de Panamá

21 al 26 de Octubre de 2013

Tema:

Monitoreo de Mareas en los Litorales Pacífico y el Caribe, de las Costas Panameñas

Por: Rolando Velásquez C.
Ingeniero Topógrafo y Geodesta
IGNTG-PRONAT

Objetivo

Análisis de datos de altura de mareas que justifiquen el establecimiento de una Red de Estaciones Mareográficas (Mareógrafos), para registrar en forma continua y permanente la variación del nivel del mar, en los litorales Pacífico y Caribe de las Costas panameñas, requeridos para la cartografía Nacional y Regional y otros fines.

Algunos conceptos teóricos de tipos de mareas y su formación

Marea alta o pleamar: momento en que el agua del mar alcanza su máxima altura dentro del ciclo de las mareas.

Marea baja o **bajamar**: momento opuesto, en que el mar alcanza su menor altura.

Por no ser coincidentes los valores de las dos pleas entre sí ni de las dos bajamares en el transcurso del día lunar, que tiene una duración de 24 horas 50 minutos, teóricamente cada 6 horas 13 minutos ocurre una pleamar o una bajamar

Origen de las fuerzas de producción de mareas

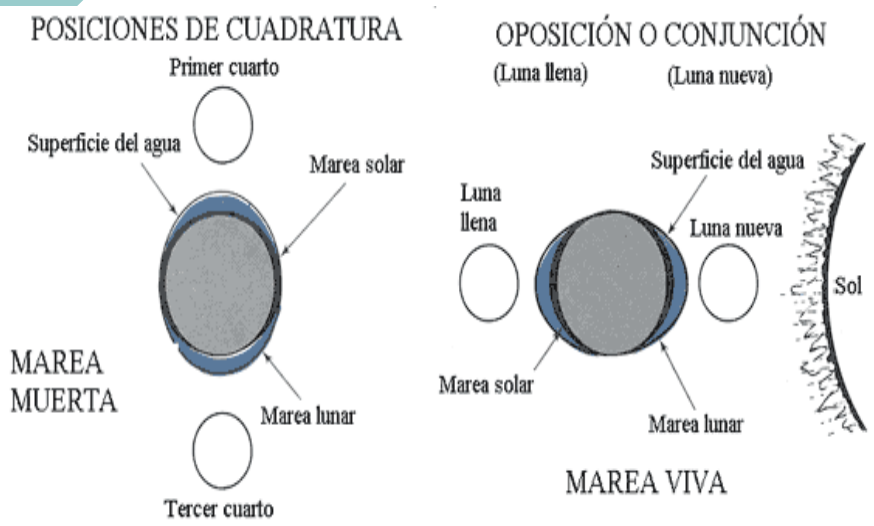
A un observador en la Tierra le parece que la Luna rota alrededor de la Tierra, pero en realidad la Luna y la Tierra rotan alrededor de su centro común de masa conocido como el *baricentro*.

Los dos cuerpos astronómicos tienden a atraerse por la atracción gravitacional y simultáneamente a separarse por la fuerza centrífuga producida a medida que rotan alrededor del baricentro.

Las fuerzas de atracción gravitacional y centrífuga son iguales en magnitud y opuestas en dirección; por lo que la Tierra y la Luna no son haladas hacia sí mismas ni posteriormente separadas entre si.

Hay un efecto similar para el sistema Tierra y Sol, pero ellas son separadas y distintas a las de la Tierra y la Luna (por los componentes solares y lunares).

A pesar de que la distancia entre la Tierra y la Luna sea el factor más significativo para las mareas, la posición de los tres astros también es de consideración. En Luna Llena, cuando la Luna se encuentra en oposición (la Luna en un lado o extremo, la Tierra en el centro y el Sol en el otro), la fuerza de atracción de ambos se suma y las mareas son más altas. Estas mareas son llamadas mareas vivas o de sicigia.



Lo mismo sucede en Luna Nueva, cuando la Luna está entre la Tierra y el Sol. Mayor atracción habrá sobre este lado de la Tierra, pero también menor fuerza habrá sobre el otro lado, produciendo una marea alta también aquí por la fuerza centrífuga de la Tierra.

Por el contrario, cuando la Luna está en cuadratura (primer cuarto o tercer cuarto), la fuerza de atracción gravitacional del Sol y la Luna se contrarrestan y las mareas son pequeñas. Estas mareas son llamadas mareas muerta.

Origen de las fuerzas de producción de mareas

Estas fuerzas gravitacionales y centrífugas son balanceadas solamente en los centros de masa de los cuerpos individuales.

En puntos sobre o dentro de los cuerpos, las dos fuerzas no están en equilibrio, dando resultado a las mareas del océano, atmósfera y litosfera.

En la cara de la Tierra que mira hacia la Luna o el Sol, una fuerza neta de producción de marea (o diferencial) actúa en la dirección de la atracción gravitacional de la Luna o del Sol o hacia la Luna o el Sol.

En la cara de la Tierra directamente opuesta a la Luna o al Sol, la fuerza neta de producción de marea actúa en dirección a la mayor fuerza centrífuga o lejos de la Luna o el Sol.

Rango de la marea

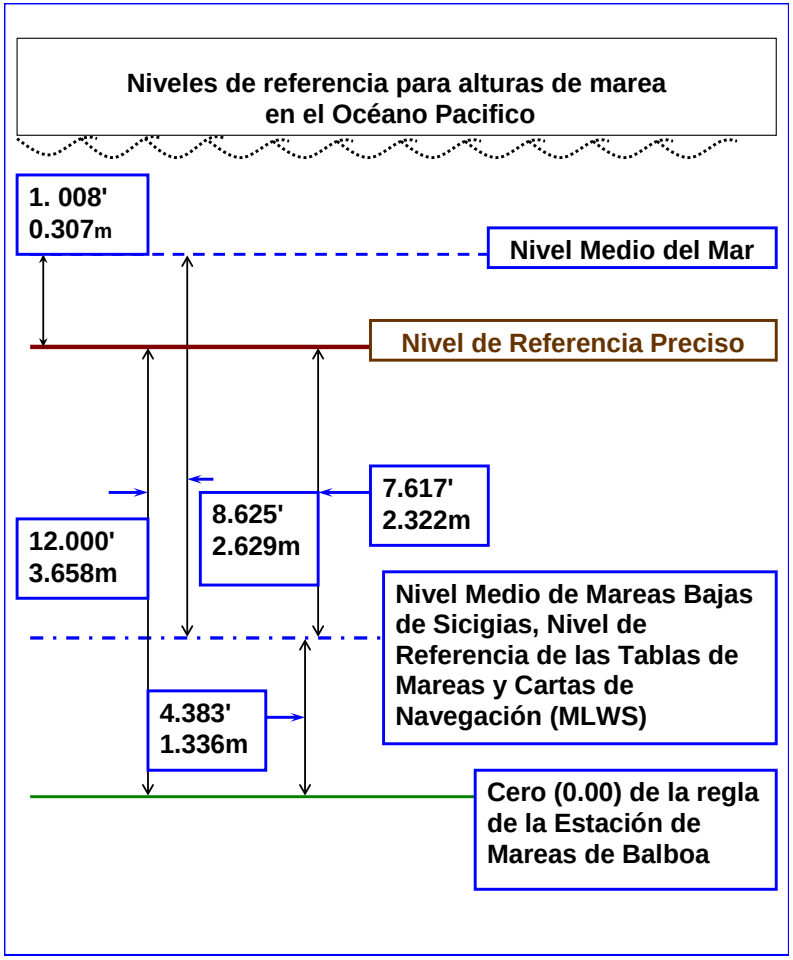
Cuando la Luna está en la fase nueva y en la llena (ambas posiciones se llaman sicigia), las atracciones gravitacionales de la Luna y el Sol actúan para reforzarse mutuamente.

A medida que se incrementa la fuerza de marea resultante o combinada, las pleamares son más altas que el promedio y las bajamares son más bajas.

Esto significa que el rango de marea es más grande en toda localidad que exhibe una pleamar y una bajamar consecutiva.

Dichas mareas mayores al promedio resultante de las posiciones de sicigia de la Luna son conocidas como mareas de sicigias - Un término que implica una "subida" del agua y no tiene ninguna relación con la estación del año.

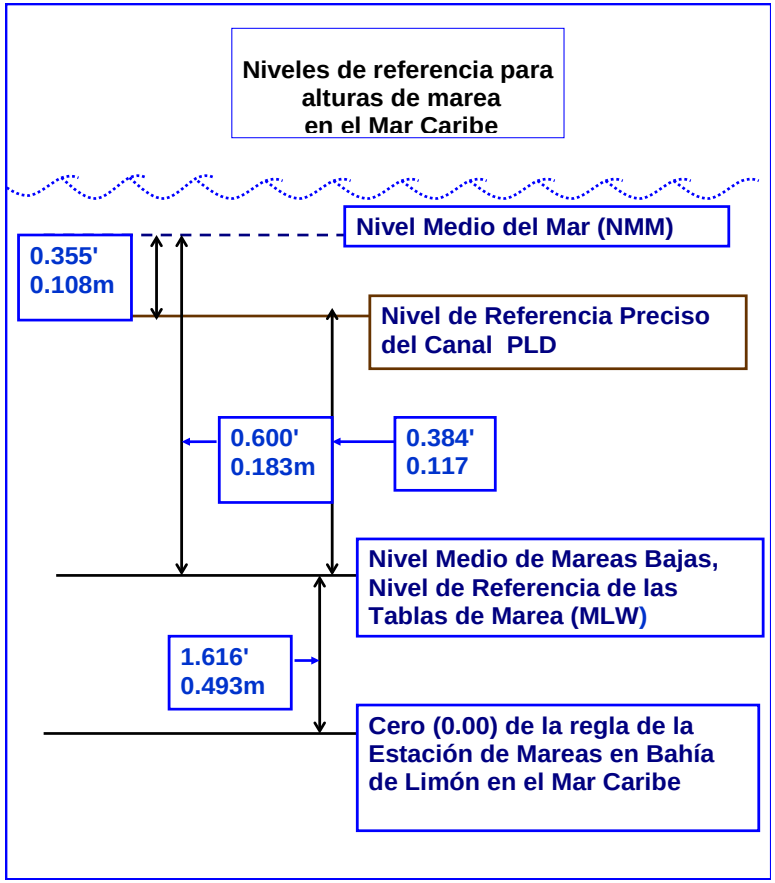
Niveles de referencia en el océano Pacífico



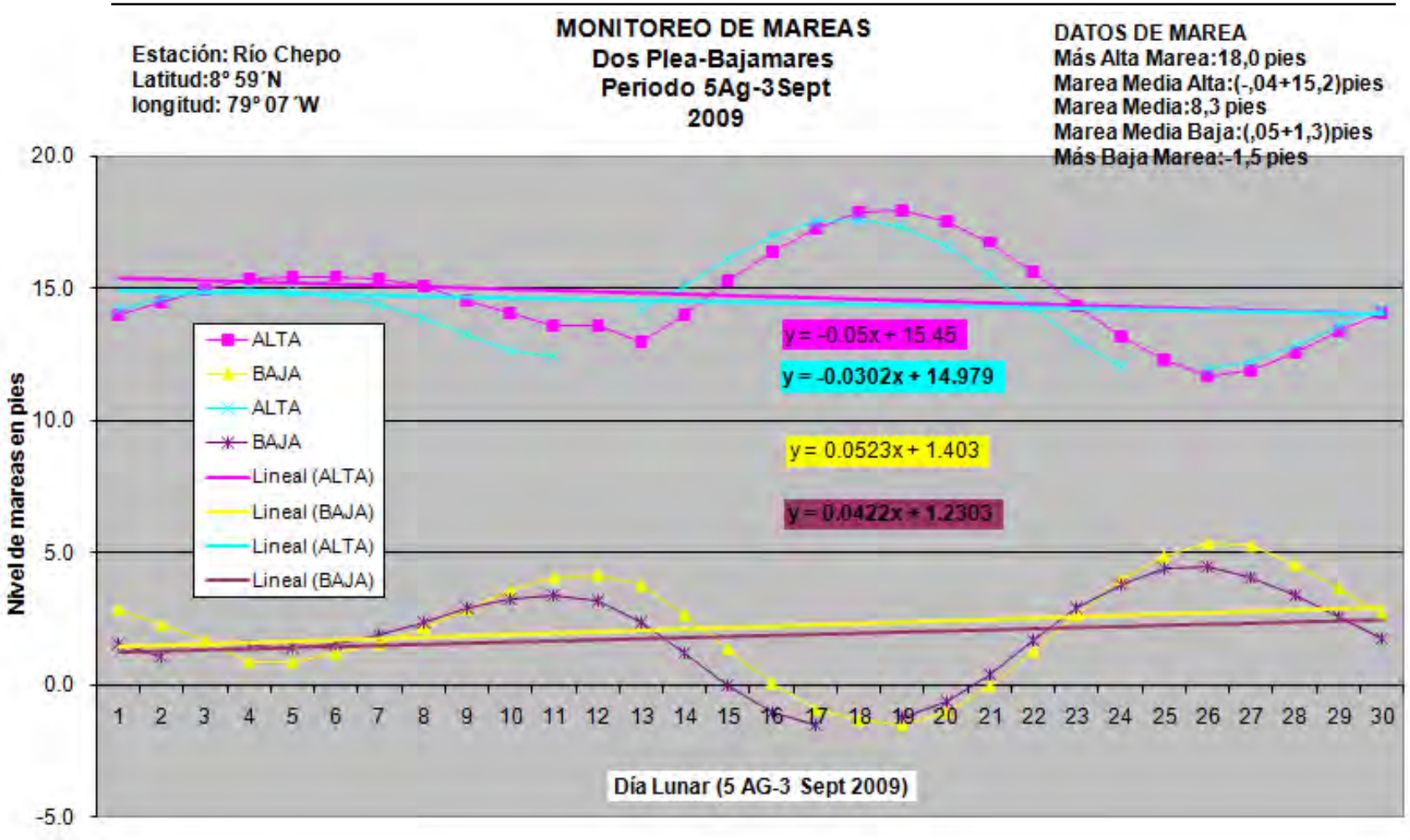
Instalaciones e Instrumentación del Mareógrafo de Diablo (PACÍFICO)

muestra el sensor de flota.

Niveles de referencia en el Mar Caribe



Datos de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administración)

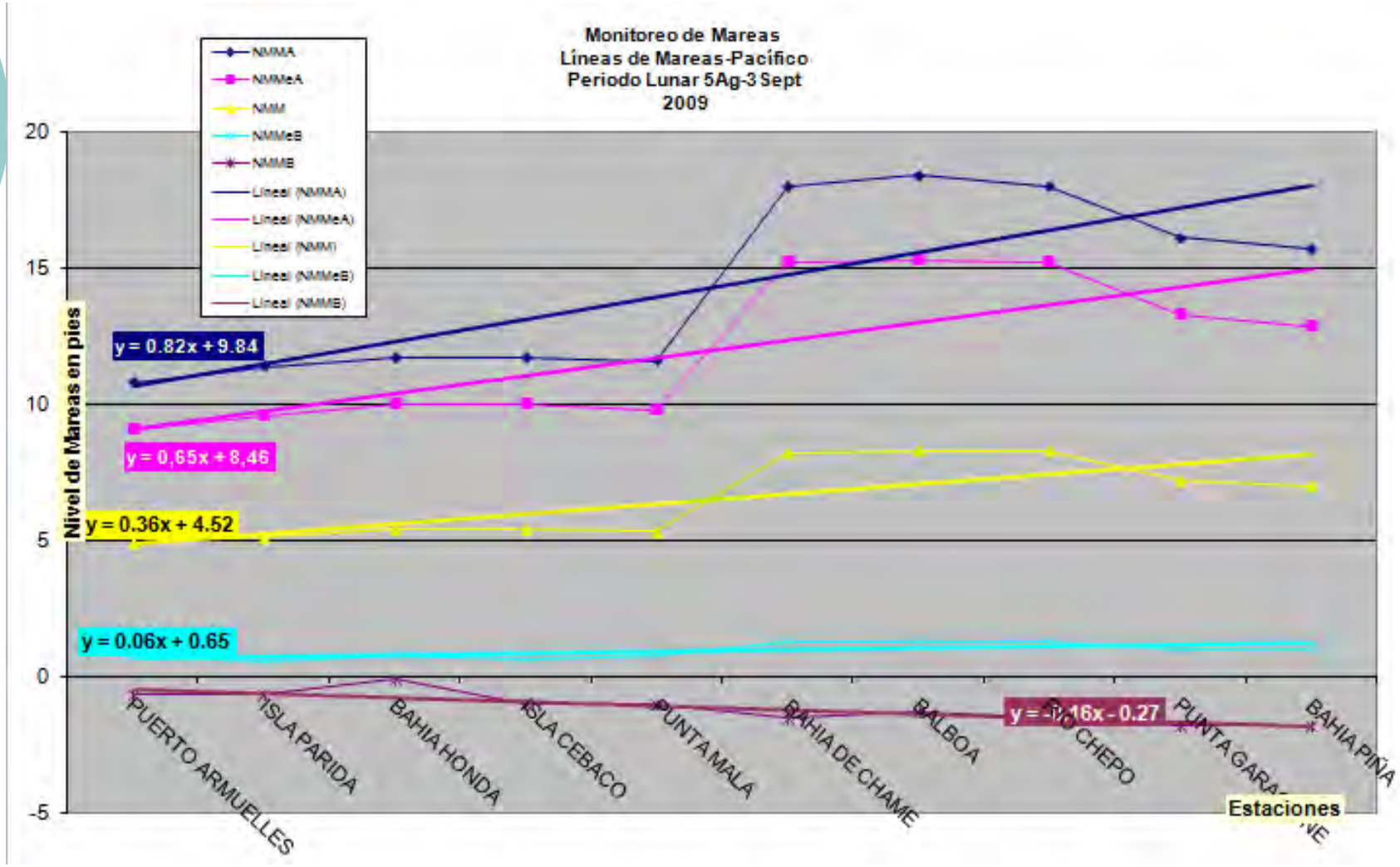


ANATI
AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS

Autoridad Nacional de Administración de Tierras
Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia"
Departamento de Geofísica y Estudios Especiales

RED DE MAREÓGRAFOS; Litorales Pacífico y Caribe
República de Panamá
Año 2010

Niveles de marea, Datos NOAA



Análisis de Datos Mareográficos
Litoral Pacífico, República de Panamá
Agosto/Septiembre de 2009

Estación	Marea Alta o Pleamar (Pies)	Marea Baja (Pies)	Amplitud de Marea (Pies)
Puerto Armuelles	10,8	-0,7	11,5
Isla Parida	11,4	-0,7	12,1
Bahía Honda	11,7	-1,0	12,7
Isla Cébaco	11,7	-1,0	12,7
Punta Mala	11,6	-1,0	12,3
Bahía Chame	18,0	-1,5	19,5
Balboa	18,4	-1,3	19,7
Rio Chepo	18,0	-1,5	19,5
Punta Garachiné	16,1	-1,8	17,9
Bahía Piña	15,7	-1.8	17.5

Sitio de Monitoreo: Playa El Rincón, ubicada en Mariabé, distrito de Pedasí, provincia de los Santos,

Mediante una nivelación geométrica diferencial de primer orden, se establecieron puntos de control o bancos de nivel, próximos al sitio de monitoreo, desde los cuales se niveló las alturas de marea en la línea base durante el periodo de observación, tres días.

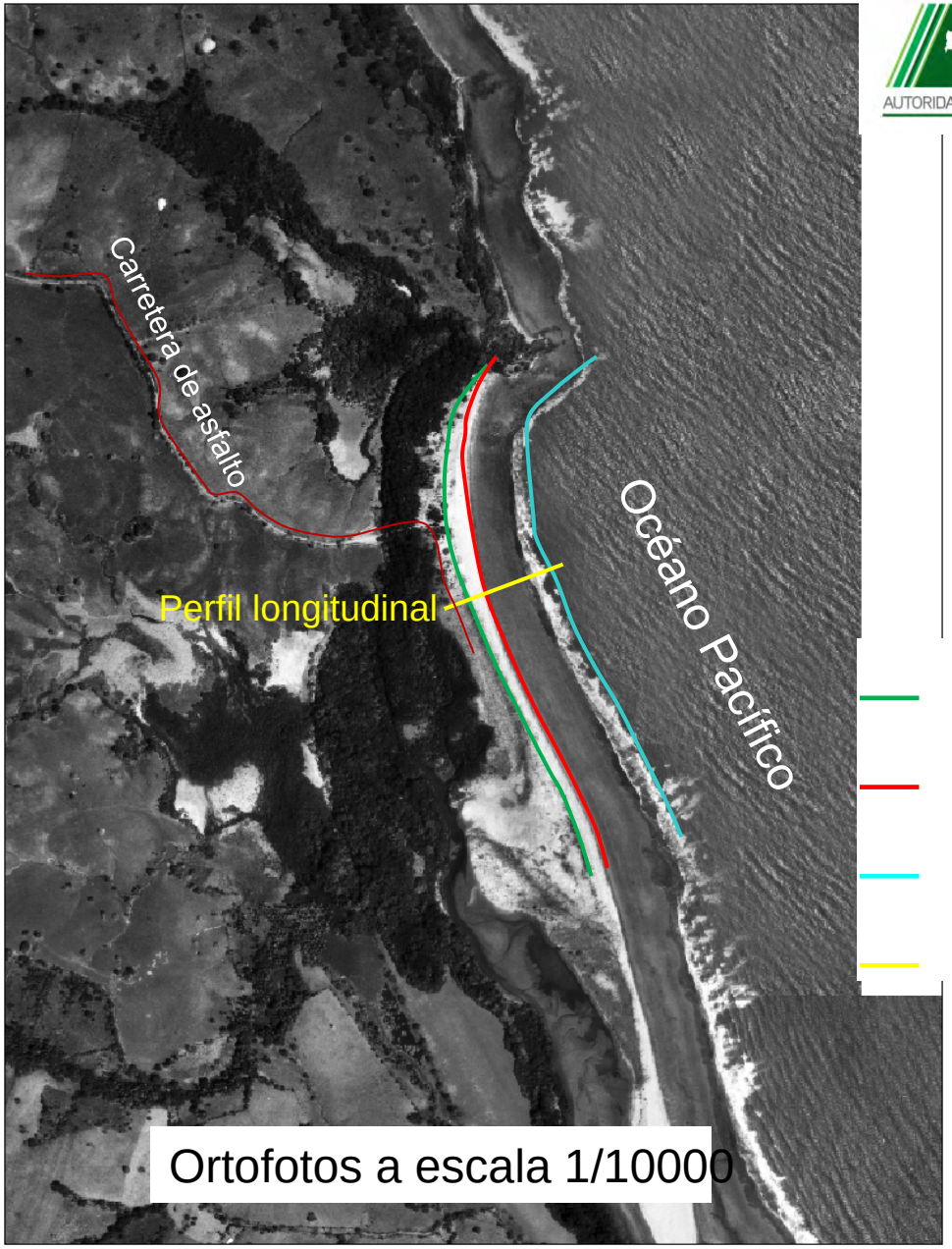
Los niveles o alturas provienen de la Línea de Nivelación, levantada por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, y es la que arranca desde Divisa, en la provincia de Herrera, hasta cerrar en Punta Mala, en la provincia de los Santos, la cual fue establecida al inicio de la década de 1980. El acotamiento de los puntos de esta línea de nivelación está referenciado al Datum Altimétrico de Cristóbal, o sea, el cero del nivel medio del mar se refiere al Mar Caribe y los datos observados se refieren al Océano Pacífico, por lo que se realiza el ajuste correspondiente a fin de mantener el Datum altimétrico. estas medidas se efectuaron a intervalos de media hora, durante el periodo del ascenso o descenso de la marea. Para tener la precisión del tiempo de monitoreo se utilizo la tabla de marea de mareas p as elegidas para el monitoreo

AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS

Línea de nivelación de primer orden
Divisa-Punta Mala,
Ramal desde CR-S-42 a Playa El Rincón,
distrito de Pedasí, provincia de Los Santos

Designación del Punto	Elevación del CR (m)
CR-S-42	14.6938
S-42-1	31.3902
S-42-2	28.9113
S-42-3	3.1951
PIN	2.9117

Para los efectos de determinar las alturas geométricas, de los niveles de las superficies horizontales definidas por la variación de las mareas, se corrió una nivelación geométrica diferencial, partiendo de un punto CR-S-42 de la línea de nivelación de primer orden DIVISA-PUNTA MALA, ubicado en el puente sobre el Rio Mariabé, estableciendo los CR intermedios S-42-1, S-42-2 hasta el punto extremo S-42-3 en la Playa El Rincón, el cual es de referencia para el monitoreo de las alturas de la marea en este sitio.



Línea de Alta Marea Ordinaria

Línea de Alta Marea o Pleamar

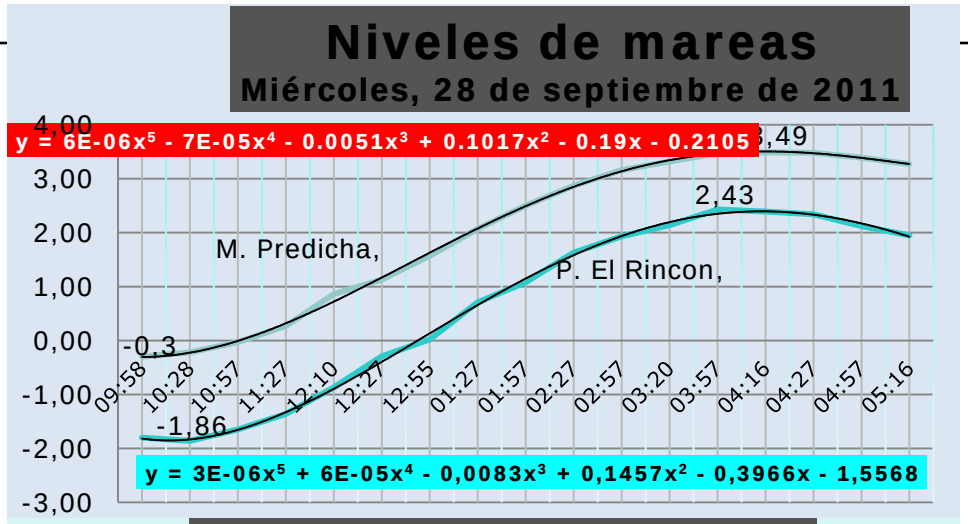
Línea de Baja Marea

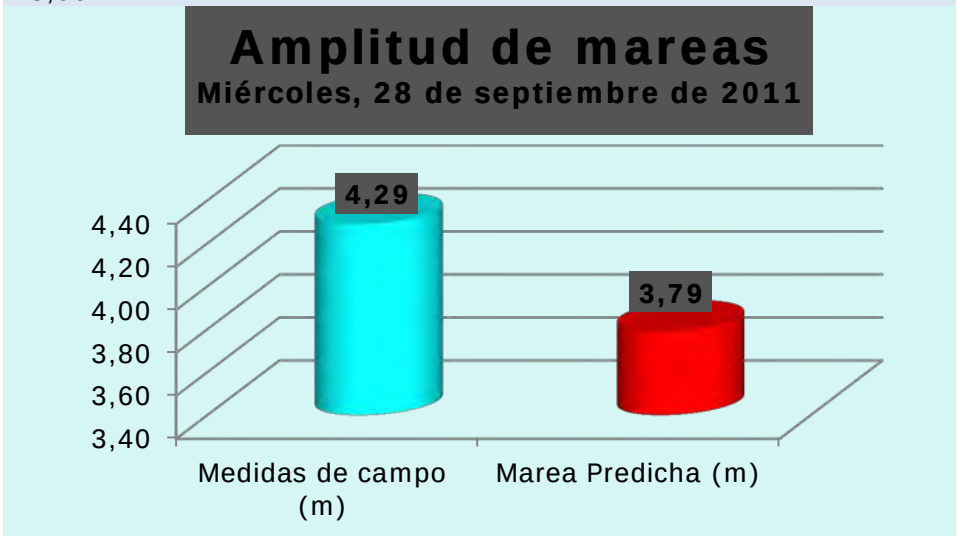
Perfil

Personal del Departamento de Geofísica y Estudios Especiales en plena faena de nivelación

Marea en estoa ascendente

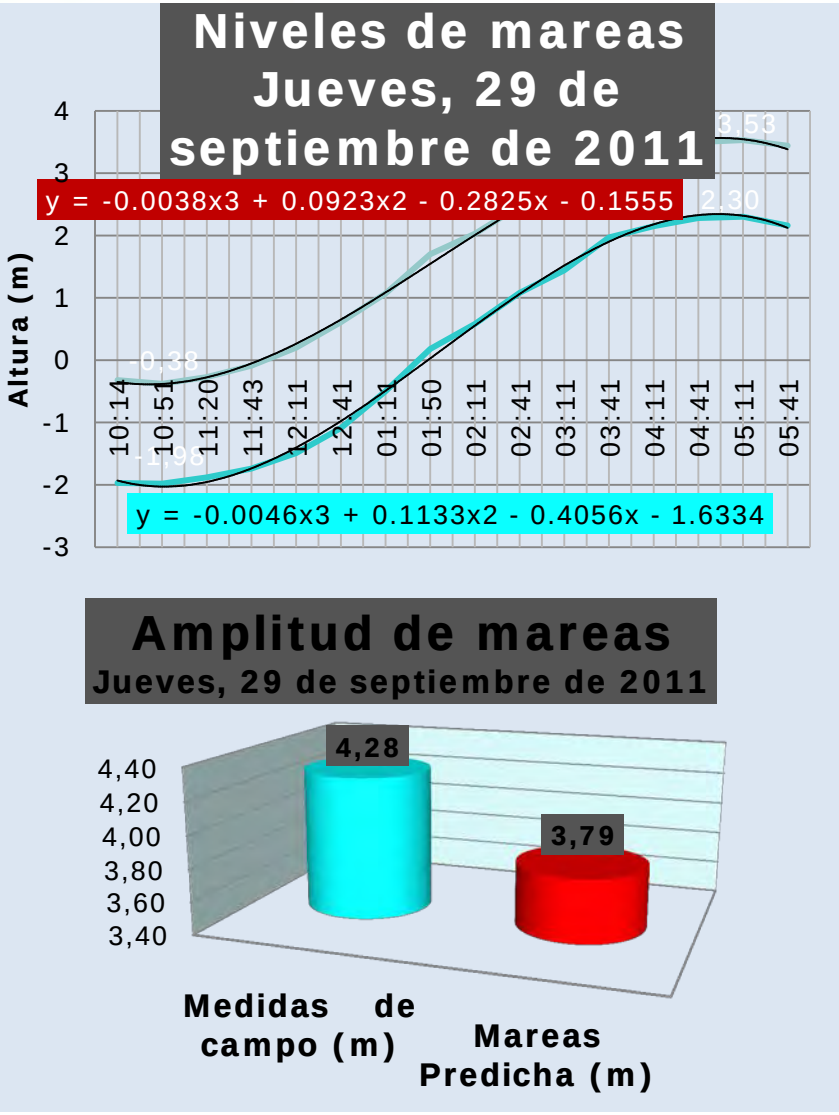
Monitoreo de alturas de marea Playa El Rincón-Mariabé miércoles 28 de septiembre de 2011			
Medidas	Hora	Medidas de campo (m)	Marea Predicha (m)
1	09:58	-1.80	-0.3
2	10:28	-1.86	-0.22
3	10:57	-1.65	-0.03
4	11:27	-1.36	0.27
5	12:10	-0.87	0.86
6	12:27	-0.29	1.13
7	12:55	0.02	1.57
8	13:27	0.71	2.07
9	13:57	1.08	2.5
10	14:27	1.63	2.87
11	14:57	1.93	3.16
12	15:20	2.14	3.32
13	15:57	2.43	3.47
*13	16:16	2.39	3.49
14	16:27	2.34	3.48
15	16:57	2.12	3.39
16	17:16	1.95	3.27
LAMO	17:16	2.96	
LAMO	17:16	3.25	
Nivel Marea Alta:		2.43	3.49
Nivel Marea Baja:		-1.86	-0.30
Amplitud de marea:		4.29	3.79
Nivel Medio del Mar:		0.29	





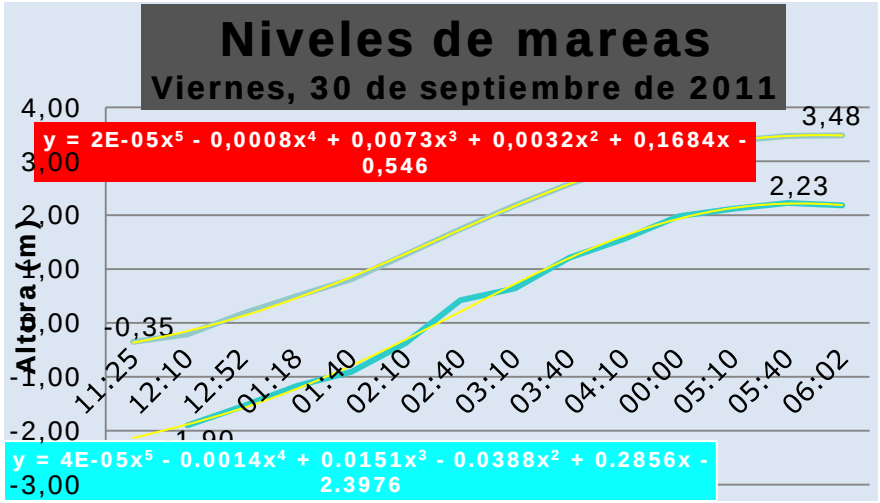
AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS

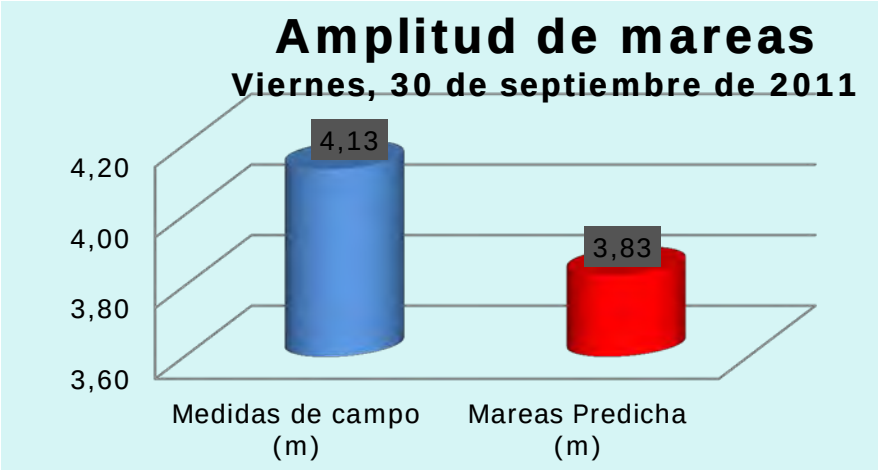
Monitoreo de alturas de marea Playa El Rincón-Mariabé jueves 29 de septiembre de 2011			
Medidas	Hora	Medidas de campo (m)	Mareas Predicha (m)
1	10:14	-1.97	-0.32
2	10:51	-1.98	-0.38
3	11:20	-1.88	-0.27
4	11:43	-1.74	-0.09
5	12:11	-1.49	0.20
6	12:41	-1.09	0.61
7	13:11	-0.5	1.07
8	13:50	0.18	1.70
9	14:11	0.58	2.03
10	14:41	1.08	2.47
11	15:11	1.44	2.85
12	15:41	1.97	3.15
13	16:11	2.15	3.37
14	16:41	2.28	3.50
15	17:11	2.30	3.53
16	17:41	2.16	3.44
LAMO	17:41	2.99	
Nivel Marea Alta:		2.30	3.49
Nivel Marea Baja:		-1.98	-0.30
Amplitud de marea:		4.28	3.79
Nivel Medio del Mar:		0.16	



AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS

Monitoreo de marea Playa El Rincón-Mariabé Viernes 30 de septiembre de 2011			
Medidas	**Hora**	**Medidas de campo (m)**	**Mareas Predicha (m)**
***1**	**11:25**		**-0.35**
1	12:10	-1.90	-0.21
2	12:52	-1.55	0.17
3	13:18	-1.17	0.50
4	13:40	-0.91	0.81
5	14:10	-0.37	1.27
6	14:40	0.42	1.74
7	15:10	0.64	2.18
8	15:40	1.21	2.58
9	16:10	1.56	2.93
10	16:40	1.98	3.19
11	17:10	2.12	3.38
12	17:40	2.23	3.47
13	18:02	2.18	3.48
LAMO	18:02	3.15	
Nivel Marea Alta:		**2.23**	**3.48**
Nivel Marea Baja:		**-1.90**	**-0.35**
Amplitud de marea:		**4.13**	**3.83**
Nivel Medio del Mar:		**0.16**	

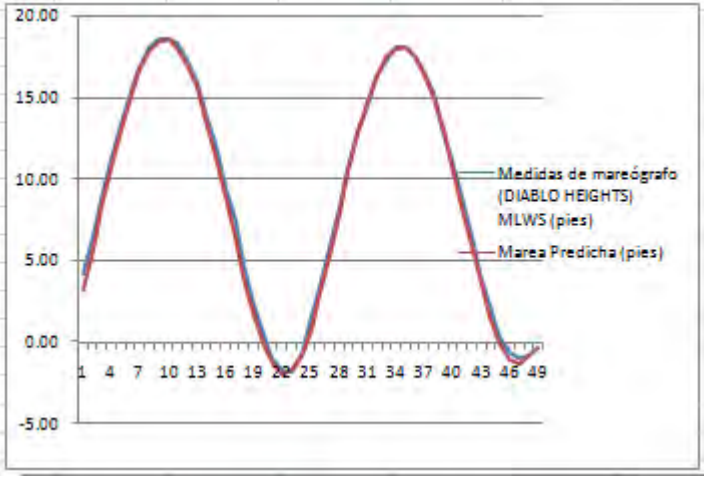


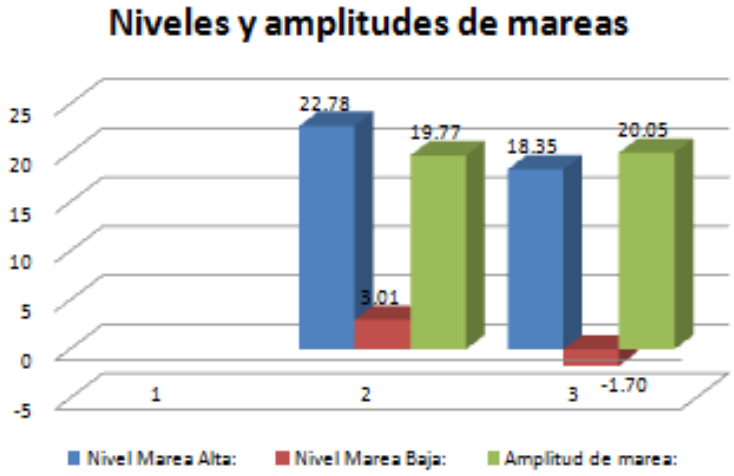


Monitoreo de alturas de marea			
septiembre de 2011 Hora	de mareógrafo (DIABLO	de mareógrafo (DIABLO HEIGHTS)	Marea Predicha (pies)
00:15:00	8.65	4.27	3.20
00:45:00	10.96	6.58	5.60
01:15:00	13.15	8.77	8.20
01:45:00	15.67	11.29	10.70
02:15:00	17.87	13.49	13.10
02:45:00	19.77	15.39	15.10
03:15:00	21.31	16.93	16.70
03:45:00	22.48	18.10	17.90
04:15:00	23.01	18.63	18.50
04:45:00	23.01	18.63	18.60
05:15:00	22.72	18.34	18.00
05:45:00	21.63	17.25	17.00
06:15:00	20.32	15.94	15.60
06:45:00	18.47	14.09	13.70
07:15:00	16.57	12.19	11.40
07:45:00	13.88	9.50	9.00
08:15:00	11.88	7.50	6.40
08:45:00	9.20	4.82	3.90
09:15:00	6.79	2.41	1.70
09:45:00	4.87	0.49	-0.20
10:15:00	3.40	-0.98	-1.40
10:45:00	2.66	-1.72	-2.00
11:15:00	2.58	-1.80	-1.80
11:45:00	3.61	-0.77	-0.90
12:15:00	5.53	1.15	0.70
12:45:00	7.75	3.37	2.90
13:15:00	10.26	5.88	5.30
13:45:00	12.67	8.29	7.90
14:15:00	15.02	10.64	10.50

Monitoreo de alturas de marea			
29 de septiembre de 2011 Hora	de mareógrafo (DIABLO	de mareógrafo (DIABLO	Marea Predicha (pies)
12:45:00	7.75	3.37	2.90
13:15:00	10.26	5.88	5.30
13:45:00	12.67	8.29	7.90
14:15:00	15.02	10.64	10.50
14:45:00	17.30	12.92	12.80
15:15:00	19.01	14.63	14.80
15:45:00	20.65	16.27	16.40
16:15:00	21.68	17.30	17.50
16:45:00	22.50	18.12	18.00
17:15:00	22.54	18.16	18.10
17:45:00	22.04	17.66	17.50
18:15:00	21.04	16.66	16.50
18:45:00	19.65	15.27	15.00
19:15:00	17.61	13.23	13.00
19:45:00	15.65	11.27	10.80
20:15:00	13.25	8.87	8.30
20:45:00	10.96	6.58	5.90
21:15:00	8.61	4.23	3.50
21:45:00	6.58	2.20	1.40
22:15:00	4.64	0.26	-0.20
22:45:00	3.81	-0.57	-1.10
23:15:00	3.44	-0.94	-1.40
23:45:00	3.52	-0.86	-0.90
00:00:00			-0.40
Nivel Marea Alta:		22.78	18.35
Nivel Marea Baja:		3.01	-1.70
Amplitud de marea:		19.77	20.05
Nivel Medio del Mar:			

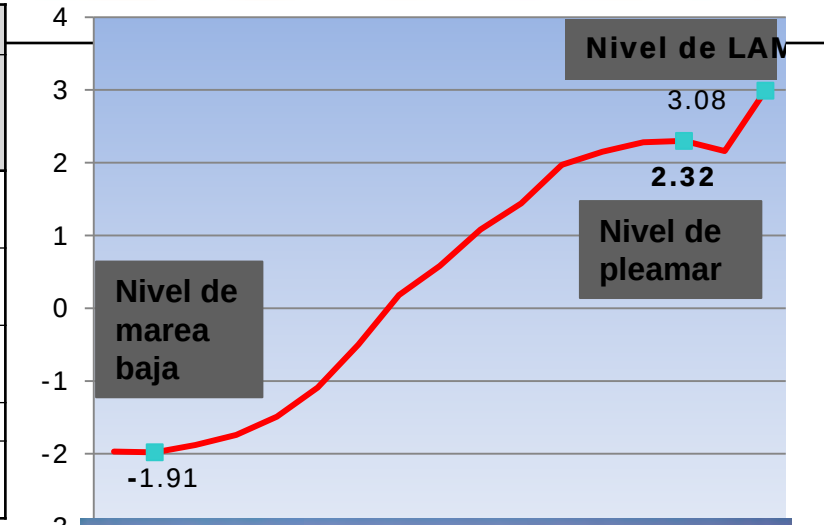
ANATI
AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS



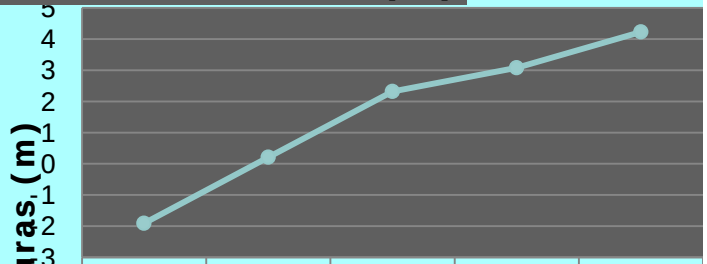


AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS

Días de monitoreo-Septiembre de 2011					
Niveles de Superficies	Miércoles, 28/09	Jueves, 29/09	Viernes, 30/09	Altura media (m)	Altura media (pies)
Nivel Marea Baja (m):	-1.86	-1.98	-1.90	-1.91	-6.26
Nivel Medio del Mar (m):	0.28	0.16	0.16	0.20	0.66
Nivel Marea Alta (m):	2.43	2.30	2.23	2.32	9.87
LAMO (m)	3.10	2.99	3.15	3.08	10.10
Amplitud de marea (m):	4.29	4.28	4.13	4.23	13.87



Relación de alturas medias (m)



	Nivel Marea Baja (m):	Nivel Medio del Mar (m):	Nivel Marea Alta (m):	LAMO (m)	Amplitud de marea:
Promedio de alturas	-1,91	0,21	2,32	3,08	4,23

Sitio de Monitoreo-Océano Pacífico
Playa El Rincón de Mariabé,
Distrito de Pedasí, Provincia de Los Santos

Las alturas geométricas obtenidas para los diferentes planos horizontales, en el Pacífico las relacionaremos con los niveles de marea del Caribe utilizando el datum Panamá Canal (PLD Panamá Canal), el cual el nivel medio del mar del Océano Pacífico y del Mar Caribe, siendo 0,307 metros y 0.108 metros, respectivamente, sobre ese nivel.

Realizando una simple operación de sustracción, se deduce que la altura de la superficie del Océano Pacífico está a 0,199 metros sobre la altura de la superficie del Mar Caribe.

Observando en la tabla de valores de “Días de monitoreo”, el nivel de la superficie horizontal del nivel medio del mar (NMM), la altura media encontrada es 0,21 metros, a la que se le resta la diferencia entre datum, o sea, entre Balboa y Cristóbal, que es 0,199 metros. El resultado es 0,011 metros que es la altura del nivel medio del mar según el datum de Balboa con un error de 1,1 centímetro por arriba del cero altimétrico.

Recomendaciones

1. Queda demostrado que es de relevante importancia el establecimiento de una red de mareógrafos ubicados geográficamente y estratégicamente, que permitan obtener o registrar datos reales de mareas ,con múltiples fines.

2. Es de relevante importancia el establecimiento de una poligonal costera que proporcione datos de altura geométrica, ortométricas o dinámicas y su posición geoespacial.

3. Es de relevante importancia realizar la liga de los Datum altimétricos de los países de la región, para homogenizar el modelo de alturas.

ANATI
AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA"
PANAMÁ

Muchas Gracias