

---

**GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES**

**MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y TRANSPORTE  
UNIDAD DE PROYECTOS ESPECIALES - PLAN HIDRÁULICO**



**ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO DE RELLENO  
COSTERO Y LÍNEA DE BASE AMBIENTAL PARA LAS OBRAS  
NUEVA VEREDA DEL AEROPARQUE – NUEVA VEREDA DIVISORIA  
DE LA VIALIDAD DE AEROPARQUE – NUEVA PLAZA SOBRE  
COSTANERA**

**Ciudad de Buenos Aires**

**INFORME FINAL**

**ABRIL DE 2017**

 **estudio de ingeniería hidráulica s.a.**

---

Av. Belgrano 1378  
1093 – Ciudad de Buenos Aires – ARGENTINA  
TEL. 5272-5101 – eih@eihsa.com

**ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO DE RELLENO  
COSTERO Y LÍNEA DE BASE AMBIENTAL PARA LAS OBRAS  
NUEVA VEREDA DEL AEROPARQUE – NUEVA VEREDA DIVISORIA  
DE LA VIALIDAD DE AEROPARQUE – NUEVA PLAZA SOBRE  
COSTANERA**

**INFORME FINAL**

**INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 EL BORDE COSTERO ACTUAL.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
<b>2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 NIVELES .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1 ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS DE NIVELES .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 TEMPERATURA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 PRECIPITACIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 VIENTOS.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.1 FRECUENCIA DE DIRECCIONES Y VELOCIDAD MEDIA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.2 DISTRIBUCIÓN POR RANGOS DE INTENSIDAD Y DIRECCIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.3 ESTADÍSTICA DE VIENTOS CON INTENSIDAD SUPERIOR A 35 KM/H (FUERZA 5 EN ESCALA DE BEAUFORT).....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.4 EVENTOS EXTREMOS.....</b>	<b>26</b>
<b>3. BATIMETRÍA Y TOPOGRAFÍA .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 BATIMETRÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 TOPOGRAFÍA .....</b>	<b>31</b>
<b>4. ESTUDIO HIDRODINÁMICO.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 HERRAMIENTA DE MODELACIÓN HIDRODINÁMICA .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO Y VALIDACIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN HIDRODINÁMICA .....</b>	<b>41</b>
<b>5. OLAS.....</b>	<b>53</b>
<b>5.1 CLIMA DE OLAS .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1.1 FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE OLAS SOBRE EL CANAL EMILIO MITRE (KM. 14) .....</b>	<b>53</b>
<b>5.2 ANÁLISIS DE VIENTOS EXTREMOS .....</b>	<b>55</b>
<b>5.3 DETERMINACIÓN DEL FETCH .....</b>	<b>57</b>
<b>5.4 CALCULO DE LA ALTURA DE OLA INCIDENTE AL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>59</b>
<b>6. CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS .....</b>	<b>61</b>
<b>6.1 MUESTREO DE SEDIMENTOS.....</b>	<b>61</b>
<b>6.2 MUESTREO DE AGUA .....</b>	<b>63</b>
<b>7. GEOTECNIA.....</b>	<b>64</b>
<b>8. RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO EJECUTIVO .....</b>	<b>66</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital del área de proyecto .....	6
Figura 2. Extremo sobre Muelle de Pescadores.....	7
Figura 3. Inicio del tramo con talud .....	7
Figura 4. Zona con presencia de talud protegido.....	8
Figura 5. Detalle del talud protegido .....	8
Figura 6. Descarga A° Maldonado .....	9
Figura 7. Distribución de niveles máximos mensuales (pleamares) en Buenos Aires .....	14
Figura 8. Distribución de niveles mínimos mensuales (Bajamares) en Buenos Aires.....	14
Figura 9. Niveles máximos anuales (pleamares más altas) en el Puerto de Buenos Aires .....	15
Figura 10. Niveles mínimos anuales (bajamar más pronunciada) en el Puerto de Buenos Aires.....	15
Figura 11. Niveles Máximos Anuales (Pleamares) vs. Recurrencia .....	16
Figura 12. Niveles Mínimos Anuales (Bajamares) vs. Recurrencia.....	16
Figura 13. Temperatura Media Anual de la ciudad de Buenos Aires (1981 - 2010).....	18
Figura 14. Precipitaciones promedio mensuales en la ciudad de Buenos Aires (Período 1981-2010). 19	
Figura 15. Frecuencia del Viento por Dirección. Período 1951 - 1990 .....	22
Figura 16. Velocidad media del Viento. Período 1951 – 1990.....	22
Figura 17. Distribución polar de intensidades de viento. Periodo 1969 – 1978.....	24
Figura 18. Distribución polar de intensidades de viento. Periodo 1981 - 1990 .....	24
Figura 19. Estadística de Vientos Fuertes - Mayores a 35 km/h .....	26
Figura 20. Plan batimétrico .....	28
Figura 21. Embarcación hidrográfica para relevamiento .....	29
Figura 22. Vista del sistema NAVEGA para programación y control.....	30
Figura 23. Altura de marea - 17 de Marzo de 2017 .....	31
Figura 24. Altura de marea - 18 de Marzo de 2017 .....	31
Figura 25. Extensión geográfica del Modelo General del Río de La Plata .....	34
Figura 26. Batimetría del Modelo General del Río de La Plata .....	35
Figura 27. Comparaciones entre resultados del modelo y mediciones .....	36
Figura 28. Extensión y batimetría del submodelo regional (malla 250 m).....	37
Figura 29. Extensión de submodelo local(250 m).....	38
Figura 30. Extensión y Batimetría del modelo detallado – Situación sin proyecto (malla 10 m) .....	39
Figura 31. Extensión y Batimetría del modelo detallado – Situación con proyecto (malla 10 m).....	40
Figura 32. Ubicación de puntos para visualización de velocidades y niveles .....	41
Figura 33. Velocidades en puntos cercanos a la costa en el tramo central del relleno – Condición de mareas normal.....	42
Figura 34. Velocidades en puntos cercanos a la costa en el tramo central del relleno – Condición de mareas sudestada.....	43
Figura 35. Campo de velocidades - Condición de mareas normal – Situación sin proyecto .....	44
Figura 36. Campo de velocidades - Condición de mareas normal – Situación con proyecto .....	45
Figura 37. Campo de velocidades - Condición de mareas sudestada – Situación sin proyecto.....	46
Figura 38. Campo de velocidades - Condición de mareas sudestada – Situación con proyecto.....	47
Figura 39. Campo de velocidades - Condición de mareas normal – Situación con proyecto y descarga A° Maldonado .....	49
Figura 40. Campo de velocidades - Condición de mareas sudestada – Situación con proyecto y descarga A° Maldonado .....	50
Figura 41. Niveles y velocidades afectadas con y sin presencia de la descarga del A° Maldonado - Condición de mareas normal .....	51
Figura 42. Niveles y velocidades afectadas con y sin presencia de la descarga del A° Maldonado - Condición de mareas sudestada.....	52
Figura 43. Frecuencia de dirección de oleaje del Canal Emilio Mitre. km 14. (EIH - 1985) .....	54
Figura 44. Frecuencia de dirección y altura significativa de oleaje del Canal Emilio Mitre. km 14. (EIH - 1985) .....	54
Figura 45. Dirección de incidencia del viento sobre la costa .....	56
Figura 46. Fetch efectivo direcciones N, NE, E, S .....	58
Figura 47. Toma de muestra de sedimentos del lecho .....	61
Figura 48. Ubicación de Muestreo de Agua .....	62
Figura 49. Altura de Marea 16/02/2017- Puerto de Buenos Aires (SHN).....	62
Figura 50. Botella tipo Niskin.....	63

Figura 51. Posición de perforaciones..... 64

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores representativos del régimen de marea astronómica para Buenos Aires .....	13
Tabla 2. Niveles extremos de Pleamar y Bajamar vs. Recurrencia .....	17
Tabla 3. Temperatura media anual de la ciudad de Buenos Aires (1981-2010). Fuente: SMN.....	17
Tabla 4. Precipitaciones promedio anuales de la ciudad de Buenos Aires (1981-2010). .....	18
Tabla 5. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1951/60 .....	20
Tabla 6. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1961/70 .....	20
Tabla 7. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1971/80 .....	21
Tabla 8. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1981/90 .....	21
Tabla 9. Distribución polar de intensidades de viento. Período 1969 – 1978.....	23
Tabla 10. Distribución polar de intensidades de viento. Período 1981 - 1990 .....	23
Tabla 11. Estadística de vientos fuertes mayores a 35 Km/h .....	25
Tabla 12. Valores extremos de intensidades de viento .....	26
Tabla 13. Distribución de sudestadas por estaciones .....	27
Tabla 14. Distribución de intensidad según velocidad de ráfagas en eventos de sudestadas. ....	27
Tabla 15. Información de la estación mareográfica del SHN.....	30
Tabla 16. Porcentaje de ocurrencia de olas por dirección y altura significativa en el Canal Emilio Mitre. km 14. (EIH - 1985) .....	53
Tabla 17. Intensidad del viento (Km/h) según duración para distintas direcciones .....	57
Tabla 18. Resultados del Fetch efectivo por direcciones .....	58
Tabla 19. Fetch máximo y Fetch modificado .....	59
Tabla 20. Grado de referencia de exposición costera – CERC .....	59
Tabla 21. Grado de exposición costera .....	59
Tabla 22. Altura y Período de las Olas incidentes al área de estudio .....	60
Tabla 23. Coordenadas de Muestreo de Agua .....	62

**ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO DE RELLENO  
COSTERO Y LÍNEA DE BASE AMBIENTAL PARA LAS OBRAS  
NUEVA VEREDA DEL AEROPARQUE – NUEVA VEREDA DIVISORIA  
DE LA VIALIDAD DE AEROPARQUE – NUEVA PLAZA SOBRE  
COSTANERA**

**INFORME FINAL**

***1. INTRODUCCIÓN***

---

El presente informe resume las tareas realizadas durante la ejecución de los estudios básicos destinados al proyecto de relleno costero y línea base ambiental para las obras: nueva vereda de aeroparque, nueva vereda divisoria de la vialidad de aeroparque y nueva plaza sobre la costanera norte, a ser construidos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Los trabajos realizados comprenden la ejecución del relevamiento topográfico y batimétrico, de la zona donde se realizará el relleno, el estudio hidrológico mediante modelo hidrodinámico del Río de la Plata así como las condiciones de oleaje bajo distintas condiciones y la medición de la calidad de agua y suelos, mediante muestras extraídas in situ.

El informe de la exploración geotécnica, que se presentan en el **Anexo C**, será entregado al finalizar los estudios adicionales encargados con motivo de la incorporación al proyecto de una playa subterránea de estacionamiento.

## 1.1 Localización

La zona de trabajo se ubica en el sector costero del Río de la Plata, frente a Aeroparque, donde se realizará un avance mediante relleno (Figura 1), en una longitud de aproximadamente 2.000 m a lo largo de la costa.



*Figura 1. Imagen satelital del área de proyecto*

## 1.2 El borde costero actual

Las siguientes figuras ilustran sobre las características del borde costero materializado actualmente en el sector en que se desarrollarán las obras de relleno.





**Figura 2. Extremo sobre Muelle de Pescadores.**



**Figura 3. Inicio del tramo con talud**





**Figura 4. Zona con presencia de talud protegido**



**Figura 5. Detalle del talud protegido**





*Figura 6. Descarga A° Maldonado*

### **1.3 Objetivos**

---

#### **Objetivo General de los Servicios**

El presente estudio tiene por finalidad la realización de Estudios Básicos que sirvan como base para:

- a) Proyecto de un relleno costero en un área de 9,3ha frente al Aeroparque Metropolitano, destinado a la construcción de una Nueva Vereda en Aeroparque, una nueva Vereda Divisoria de la Vialidad Aeroparque / Costanera y de la Nueva Plaza sobre Costanera.
- b) Obtener la Línea de base ambiental para la realización de la gestión para la obtención del CAA de la mencionada obra.

#### **Objetivos específicos**

1. Producir y organizar la información que se indica en el alcance de los trabajos.
2. En base a la misma, emitir recomendaciones que ayuden a determinar el tipo de proyecto a realizar en una etapa posterior.

## 2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

Se avanza en la recopilación de antecedentes de otros estudios que por sus características resultan de interés al objetivo buscado por el presente estudio.

### 2.1 Fuentes de Información

Existe una importante cantidad de antecedentes de estudios realizados en el Río de la Plata y en particular en la zona específica del borde costero de la ciudad de Buenos Aires.

Entre los más recientes merece destacarse el **Estudio de factibilidad debido al impacto de obras en el borde costero (EIH S.A. 2011)**. Este estudio tiene por objeto la identificación de distintas intervenciones en el entorno del borde costero de la ciudad de Buenos Aires, que permitan por un lado efectuar obras mediante la disposición adecuada, racional y controlada de suelos y escombros que son producidos en distintas obras de la ciudad y a su vez generar mejoras substanciales en las condiciones medioambientales del área con vistas en la recuperación de la relación ciudad-río con la generación de espacios verdes, sitios para esparcimiento y otras actividades en beneficio de la ciudadanía en general. El estudio involucra la evaluación de los impactos que las distintas propuestas de intervención sobre el borde costero tienen sobre las condiciones hidrodinámicas, sedimentológicas y de calidad de aguas de la franja costera del Río de la Plata. Asimismo el estudio trata sobre la ingeniería de los proyectos de los recintos de relleno, obras de protección del borde costero, con análisis de métodos constructivos y especificaciones técnicas.

Entre otros estudios desarrollados por EIH en el Río de la Plata, que involucran la aplicación de modelos matemáticos para el estudio de las condiciones hidrodinámicas, sedimentológicas y de calidad de agua, y que sirven de fuente de información al presente estudio, pueden mencionarse:

- A) **Estudio Sedimentológico del Canal Martín García**: en este estudio se realizó, en el año 1993, la calibración inicial del modelo, utilizando niveles y velocidades.
- B) **Puente Colonia – Punta Lara**, estudio del comportamiento sedimentológico afectado por la construcción del puente;
- C) **Estudios de sedimentación de los Canales Emilio Mitre, Intermedio y Acceso** (HidroviaSA – 1999-2000).
- D) **Estudios de sedimentación de los Canales de Punta Indio** (HidroviaSA - 2000).
- E) **Estudios de Sedimentación para los Canales Alternativos de Punta Indio** (HidroviaSA - 2005);
- F) **Comportamiento hidrosedimentológico post dragado en Canales de Martín García**;
- G) Desde 1994 a 2000 numerosos estudios relacionados con la **Calidad de aguas en la Franja costera del Río de la Plata, entre el Delta y La Plata** para la empresa Aguas Argentinas, incluido el **Plan de Saneamiento Integral**, y los estudios para el Emisario

subfluvial proyectado en la franja costera frente a Capital Federal (Actualmente Emisario Planta Riachuelo) y el Emisario de Berazategui.

- H) Diversas aplicaciones a **estudios hidrosedimentológicos en los canales de navegación de Martín García** durante la **construcción y mantenimiento de las obras de dragado entre 1996 y 2011**.
- I) **Estudio hidrosedimentológico en Trazas Alternativas del canal Martín García**. CARP 2014.
- J) **Estudio hidrosedimentológico, relevamiento geofísico y muestreo de suelos en Proyecto Canal Magdalena** en la Bahía de Samborombón. DACARP 2014.
- K) **Estudio y Proyecto para Adecuación de la desembocadura del A° Medrano** en el Río de la Plata, GCBA 2014.

Otro antecedente recopilado es el **Estudio de factibilidad Aeroisla – Buenos Aires (Consortio Aeroisla – 1996)**. Este estudio de factibilidad tenía por objetivo evaluar la generación de una isla en el Río de la Plata para la relocalización del “Aeropuerto Metropolitano Jorge Newbery” (Aeroparque) y en el mismo se tratan aspectos generales de la zona como lo son: caudales de los ríos y transporte de sedimentos, mareas y corrientes, viento y olas, características de los sedimentos, geología, características del subsuelo, calidad de agua y sedimento, ecología, entre otros.

Como fuente de información se recurre además a la documentación técnica existente en el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, el Instituto Geográfico Nacional, (IGN), Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Servicio de Hidrografía Naval (SHN).

En el presente informe de avance se presenta la información sobre niveles y vientos que ha podido ser sistematizada hasta el presente. Cabe señalar que esta tarea continúa en avance.

## **2.2 Niveles**

---

Los niveles del agua en el Río de la Plata manifiestan una variación que responde básicamente al efecto de las mareas meteorológicas, la acción del viento y los caudales provenientes de los principales ríos afluentes, Paraná y Uruguay.

El régimen de mareas del lugar es semidiurno, por lo que se producen dos pleamares y dos bajamares diarias, las que además alcanzan alturas diferentes entre ellas (desigualdades diurnas). La variación de mareas astronómicas en Buenos Aires queda caracterizada por los siguientes valores (Tabla 1 – Tabla de Mareas 2017; Servicio de Hidrografía Naval):



Alturas en metros sobre el plano de reducción, correspondientes a la predicción 2017				Amplitud	
Pleamar		Bajamar			
Máxima	Media	Más baja	Media	Máxima	Media
1,49	1,09	0,27	0,47	1,07	0,62

**Tabla 1. Valores representativos del régimen de marea astronómica para Buenos Aires**

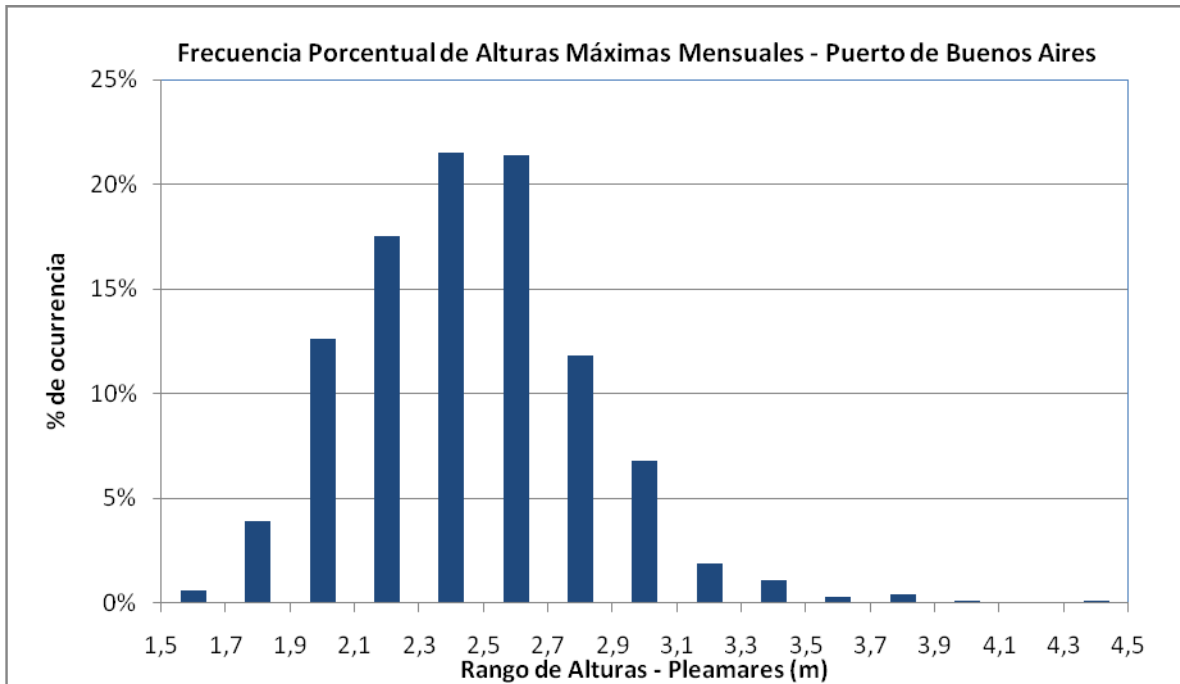
Estas alturas están referidas al plano de reducción o cero del lugar, que pasa 0,79 m debajo del nivel medio.

La variación de niveles en Buenos Aires se ven fuertemente afectados por los vientos que soplan sobre la extensa superficie expuesta del mismo, resultando los niveles de marea astronómica de poca importancia práctica. En particular son de gran impacto los vientos del sector SE (sudestadas) que provocan las mayores crecientes y del sector N – NE que provocan fuertes bajantes. A los efectos de ilustrar sobre este aspecto se indican a continuación valores de referencia obtenidos de los antecedentes consultados.

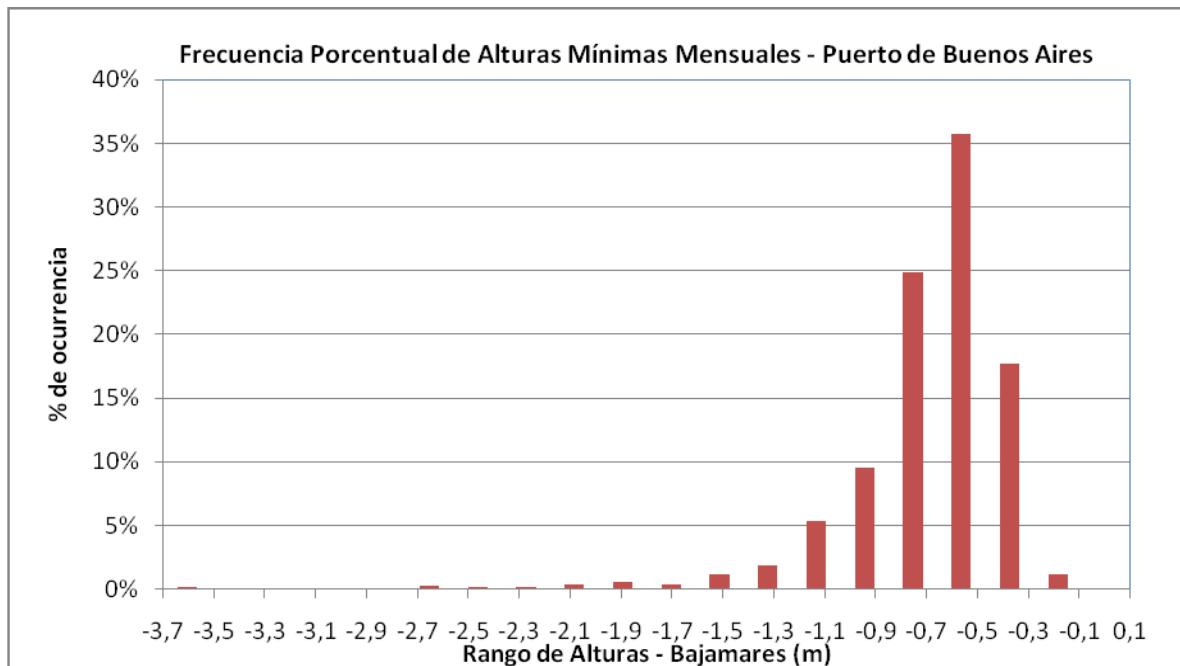
Niveles Máximos: el máximo nivel de pleamar registrado en Buenos Aires es de +4,44 m (respecto al cero del Riachuelo) ocurrido en Abril de 1940.

Niveles Mínimos: el mínimo nivel de bajamar registrado en Buenos Aires es de -3.63 m (respecto al cero del Riachuelo) ocurrido en Julio de 1920.

Como elemento complementario se muestra la distribución frecuencial de los niveles de pleamares máximas mensuales y alturas mínimas mensuales en Buenos Aires, en intervalos de 20 cm, generadas a partir de 77 años de datos (Fuente: Análisis Frecuencial de los Niveles Extremos del Río de la Plata; Enrique D'Onofrio / Carlos Balay). Ello permite ver con qué porcentaje de ocurrencia se presenta cada rango de niveles (Figura 7 y Figura 8).



**Figura 7. Distribución de niveles máximos mensuales (pleamares) en Buenos Aires**

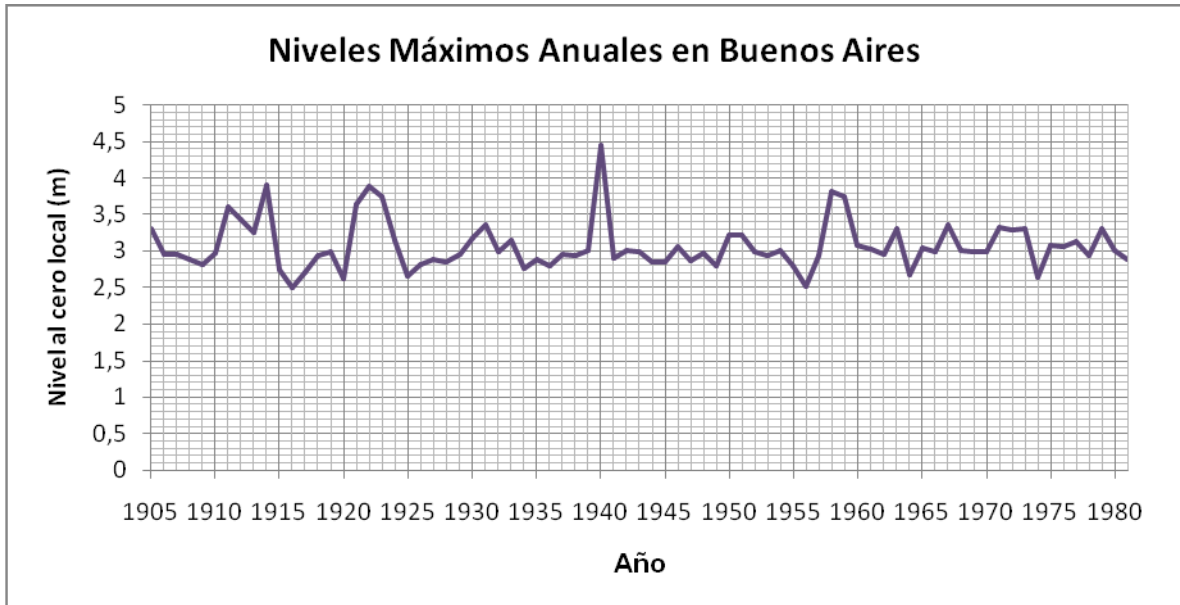


**Figura 8. Distribución de niveles mínimos mensuales (Bajamares) en Buenos Aires**

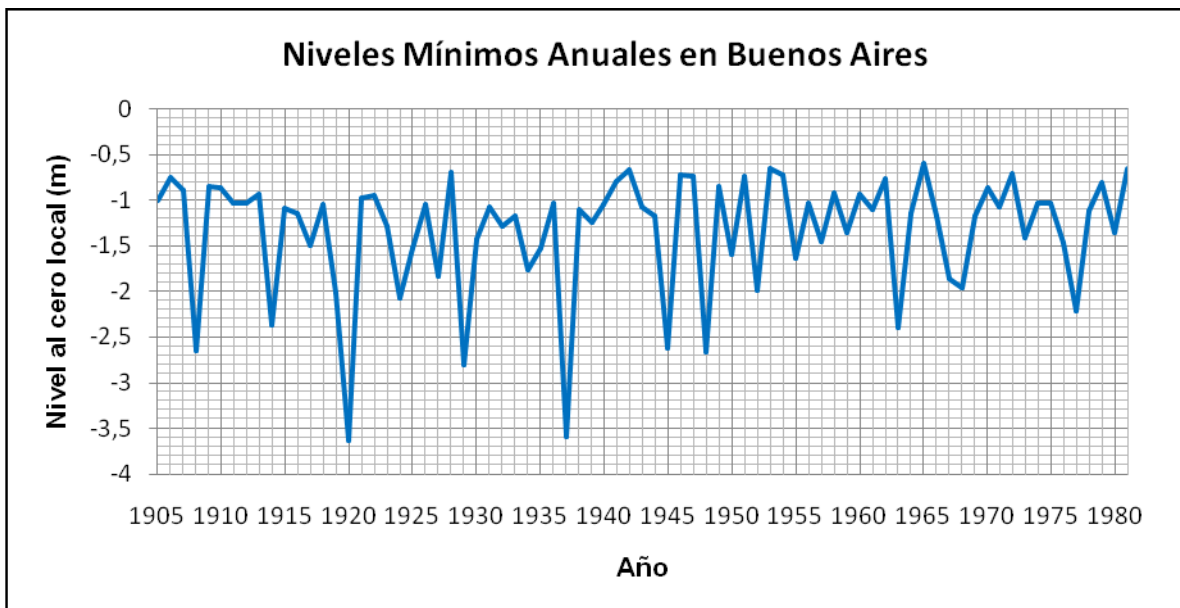
### 2.2.1 Análisis de Valores Extremos de Niveles

En relación a los objetivos del estudio resulta de interés analizar la información de valores extremos, a los efectos de estimar la relación entre tales niveles extremos y la recurrencia asociada, lo cual sirve de base a la determinación de parámetros de diseño aplicables a los distintos componentes de la obra de relleno y protección costera a realizar.

Se trabajó sobre la serie de valores máximos mensuales de pleamares y mínimas bajamares mensuales para el período 1905- 1981 (77 años). En la Figura 4 y Figura 5 se muestran los valores correspondientes a la máxima pleamar y el mínimo nivel (bajamar más pronunciada) registrados en cada año.

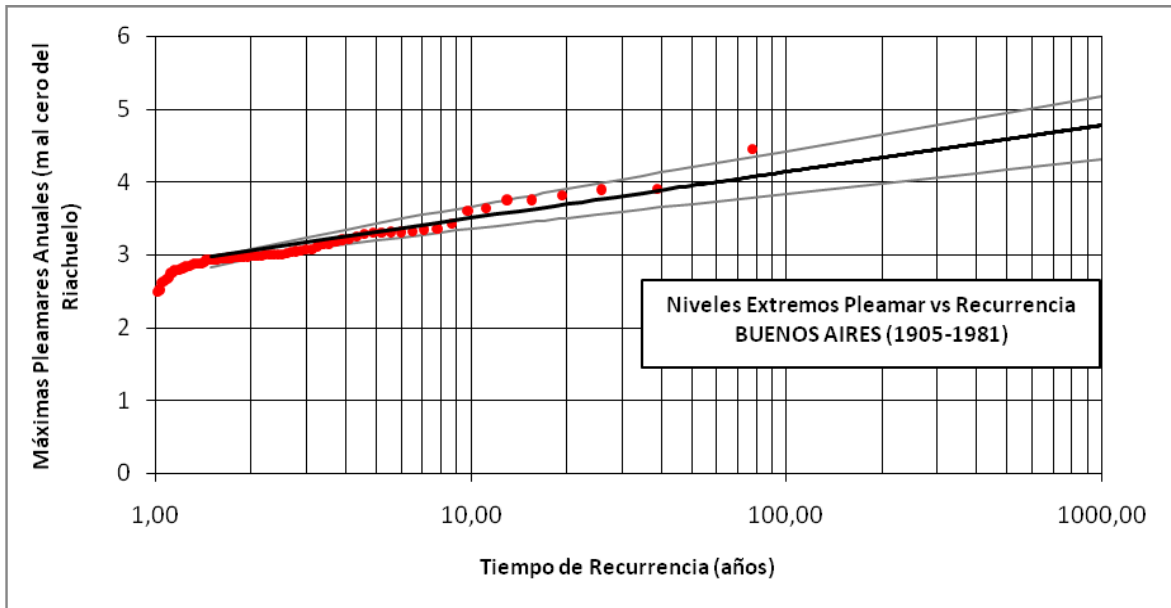


**Figura 9. Niveles máximos anuales (pleamares más altas) en el Puerto de Buenos Aires**

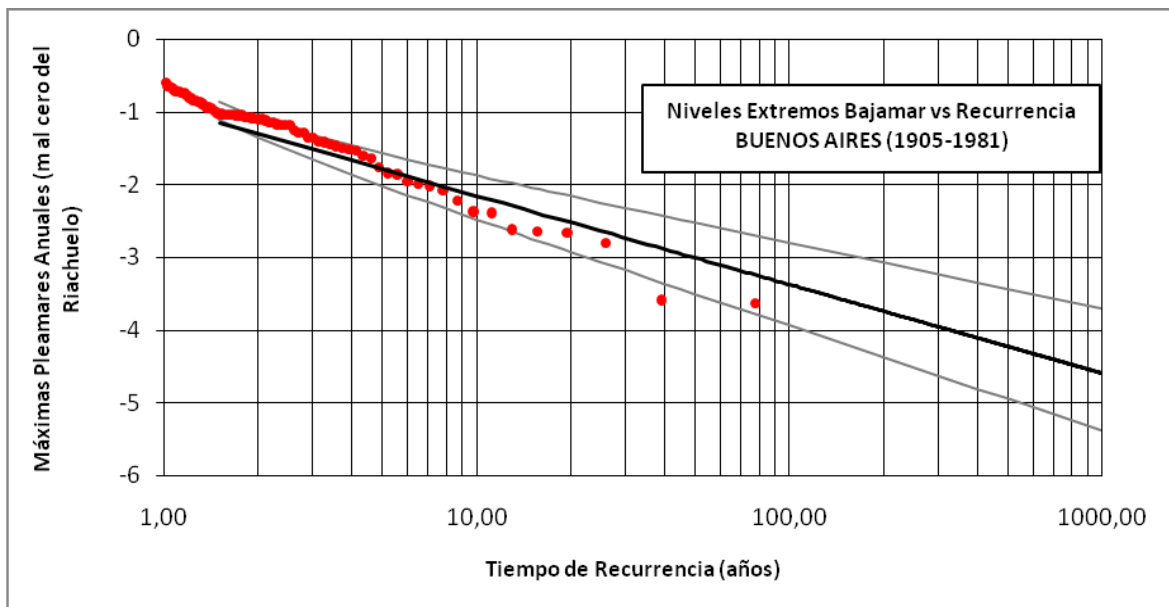


**Figura 10. Niveles mínimos anuales (bajamar más pronunciada) en el Puerto de Buenos Aires**

Con base en esta información se aplicó la ley de distribución de valores extremos de Gumbel, obteniéndose el resultado mostrado en las Figura 6 y Figura 7 para valores máximos (pleamares) y mínimos (bajamares).



**Figura 11. Niveles Máximos Anuales (Pleamares) vs. Recurrencia**



**Figura 12. Niveles Mínimos Anuales (Bajamares) vs. Recurrencia**

Se obtiene un buen ajuste general entre los datos y la ley de distribución aplicada, resultando adecuado a los objetivos del presente estudio. La Tabla 2 explicita los valores obtenidos de este análisis para recurrencias de 2, 10, 50 y 100 años.



Recurrencia	Nivel máximo (PLEAMAR)	Nivel Mínimo (BAJAMAR)
<b>R = 2 años</b>	+3.01 m	-1.23 m
<b>R = 10 años</b>	+3.51 m	-2.18 m
<b>R = 50 años</b>	+3.95 m	-3.02 m
<b>R = 100 años</b>	+4.13 m	-3.38 m

**Tabla 2. Niveles extremos de Pleamar y Bajamar vs. Recurrencia**

Como se observa, los valores más extremos ocurridos dentro del período de registro de 77 años (+4.13 m y -3,38 m) se corresponden con recurrencias mayores al período analizado.

### 2.3 Temperatura

La temperatura de la ciudad de Buenos Aires corresponde a un clima templado, con variaciones a lo largo del año que obedecen a la variación estacional climática (Verano, Otoño, Invierno y Primavera). La temperatura media anual es de 17.9 °C, de igual forma, tiene una temperatura máxima media de 22.7 °C y mínima media de 13.6 °C.

El mes donde se presentan las mayores temperaturas promedio es Enero, y el mes donde se presentan en promedio las menores temperaturas es Julio. En la Tabla 3 se presentan las temperaturas medias a lo largo del año, en el periodo comprendido entre 1981 a 2010, de acuerdo a los datos consultados del Servicio de Meteorología Nacional.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>T. Media (°C)</b>	24.9	23.6	21.9	17.9	14.5	11.7	11	12.8	14.6	17.8	20.7	23.3
<b>T. Máx. Media (°C)</b>	30.1	28.6	26.8	22.9	19.3	16	15.4	17.7	19.3	22.6	25.6	28.5
<b>T. Min. Media (°C)</b>	20.1	19.3	17.7	13.8	10.7	8	7.4	8.8	10.3	13.3	15.9	18.4

**Tabla 3. Temperatura media anual de la ciudad de Buenos Aires (1981-2010). Fuente: SMN**

Asimismo, en la figura se puede ver de manera gráfica lo descrito anteriormente:

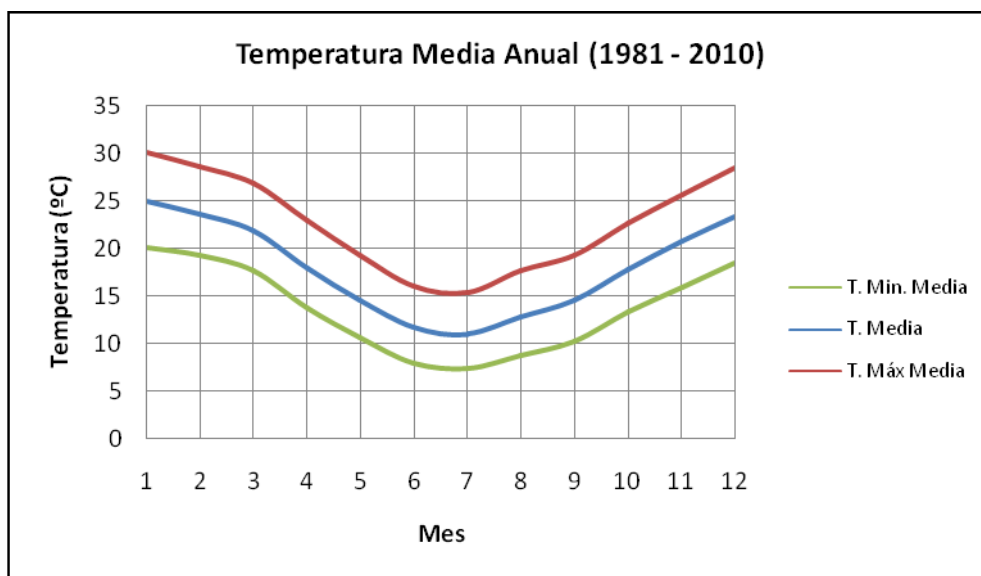


Figura 13. Temperatura Media Anual de la ciudad de Buenos Aires (1981 - 2010)

## 2.4 Precipitaciones

La precipitación promedio anual en la ciudad de Buenos Aires es de 103,02 mm. El mes más seco es Junio con 58.8 mm y el más húmedo es Enero con 138.8 mm.

En la Tabla 4 se presentan las precipitaciones promedio mensuales correspondientes al período 1981 – 2010 de acuerdo con los datos consultados con el Servicio de Meteorología Nacional (SMN). De igual manera se presenta la cantidad de días promedio con lluvia y días promedio con tormenta, así mismo los días con cielo cubierto como los días con cielo despejado

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Precipitación (mm)</b>	138.8	127.1	140.1	119	92.3	58.8	60.6	64.2	72	127.2	117.3	118.9
<b>Días con lluvia</b>	9	8	9	9	7	7	7	7	7	10	10	9
<b>Días con tormenta</b>	7	5	5	4	3	2	2	3	3	6	5	6
<b>Días con cielo Cubierto</b>	6	6	6	7	9	11	11	9	8	8	7	6
<b>Días con cielo claro</b>	11	11	12	11	9	8	8	9	9	9	10	11

Tabla 4. Precipitaciones promedio anuales de la ciudad de Buenos Aires (1981-2010).

De manera gráfica, se presenta la precipitación media mensual en la Figura 14:

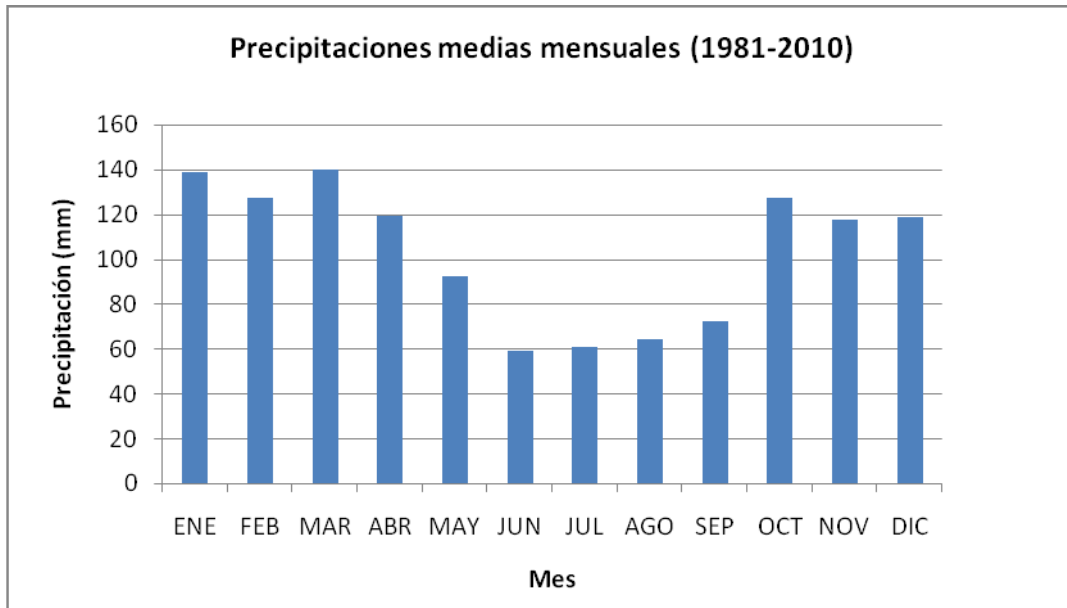


Figura 14. Precipitaciones promediamensuales en la ciudad de Buenos Aires (Período 1981-2010).

## 2.5 Vientos

El presente apartado presenta información de vientos desde el punto de vista de su caracterización general, basada en estadísticas de valores medios y valores indicativos del comportamiento de este parámetro climático. Más adelante, en otro apartado de este informe, se profundiza el análisis de vientos extremos con destino a la obtención de las características de las olas para diseño de las obras de relleno y protección costera.

### 2.5.1 Frecuencia de direcciones y velocidad media

Se recopilaron datos estadísticos climatológicos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, para los periodos 1951-60/ 1961-70/ 1971-80/ 1981-90, con los cuales se confeccionaron las tablas y gráficas que se presentan a continuación.

Las tablas presentan por cada década, los valores de la frecuencia de ocurrencia de vientos según distintas direcciones y la velocidad media correspondiente.

La frecuencia se expresa en porcentaje y la velocidad media del viento en km/h.

La frecuencia por direcciones y su velocidad media se indican para cada uno de los meses del año, representando así el promedio mensual en la década correspondiente. En las dos últimas columnas se indican los promedios anuales de frecuencia por direcciones y velocidades media.

Se indica además en cada tabla el porcentaje de calmas.

Frecuencia de vientos por direcciones (%) y velocidades media (km/h) – Período 1951/60																										
Mes	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Año	
Dir.	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia
<b>N</b>	12.5	14	12.7	13	11.4	15	10.3	14	13.3	13	12	14	11	12	11.1	16	10.2	14	11.2	17	10.9	13	13.2	14	11.7	14
<b>NE</b>	13.6	14	12.4	15	12.2	14	11.7	15	11.3	13	7	14	10.2	14	10.6	14	11.6	16	13.2	14	15.2	17	10	13	11.6	14
<b>E</b>	15.6	16	17.5	16	17.5	14	13.2	15	10.5	13	11.9	14	10.1	15	10.5	14	22.6	17	22.2	20	20.5	18	18.6	17	15.9	16
<b>SE</b>	16.2	20	14.9	24	12.6	18	10.9	18	9	17	8.4	17	9.1	18	12.9	22	14.9	18	14.7	21	11.8	22	14.9	20	12.5	20
<b>S</b>	9.4	22	10.1	22	10.9	18	10.7	19	10.2	19	11.5	16	10	19	11.9	21	11	22	11.6	20	10.8	20	10	23	10.7	20
<b>SW</b>	6.4	18	6.5	21	8.4	19	9.6	18	9.2	16	9	16	10.3	19	10.9	18	8.9	22	7.9	22	5.6	22	7.1	22	8.3	19
<b>W</b>	3.5	15	3.9	18	4	17	5.6	20	5.4	17	9.1	18	7.7	17	6.8	18	3.1	16	3.1	21	5.7	18	4.8	23	5.2	18
<b>NW</b>	5.2	15	5.8	15	2.7	15	5.1	14	7.4	14	6.3	14	8.1	14	6.6	17	3.8	16	3.6	16	5.1	15	6.4	18	5.5	15
<b>CALMA</b>	17.6		16.2		20.3		22.9		23.7		24.8		23.5		18.7		13.9		12.5		14.4		15		18.6	

**Tabla 5. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1951/60**

Frecuencia de vientos por direcciones (%) y velocidades media (km/h) – Período 1961/70																										
Mes	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Año	
Dir.	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia
<b>N</b>	19.1	14	15.2	13	17.2	15	15.6	14	17.3	13	15.6	14	13.8	12	15.2	16	13.1	14	11.5	17	14.9	13	18.2	14	15.6	14
<b>NE</b>	14.2	14	16.3	15	11.5	14	12.6	15	9.8	13	8.2	14	10.9	14	12.4	14	11.8	16	12.9	14	16	17	12.4	13	12.4	14
<b>E</b>	18.5	16	20.4	16	17.6	14	14.9	15	10.4	13	9.6	14	12.8	15	12.8	14	16.3	17	22.8	20	22.3	18	18.5	17	16.4	16
<b>SE</b>	10.9	20	12.3	24	12.3	18	8.2	18	9.4	17	8.6	17	11.2	18	11.5	22	17.9	18	16.8	21	12.8	22	13.1	20	12.1	20
<b>S</b>	10.4	22	12	22	11.1	18	11.8	19	11.5	19	11.8	16	12.6	19	12.7	21	12.8	22	12.5	20	10.9	20	12.8	23	11.9	20
<b>SW</b>	6.2	18	5.5	21	7.5	19	6.8	18	7.4	16	11	16	8.9	19	10.2	18	7.6	22	5.5	22	6.8	22	4.3	22	7.3	19
<b>W</b>	4.1	15	3.3	18	4.4	17	5.5	20	6.6	17	8.8	18	6	17	6.2	18	5.4	16	7	21	5.4	18	5.1	23	5.7	18
<b>NW</b>	7.5	15	5.4	15	5.2	15	9.1	14	11.3	14	8.8	14	7	14	6	17	5.5	16	3.8	16	3.6	15	6.9	18	6.7	15
<b>CALMA</b>	9.1		9.7		13.3		15.6		16.3		17.8		16.9		13		9.6		7.3		7.3		8.6		12	

**Tabla 6. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1961/70**



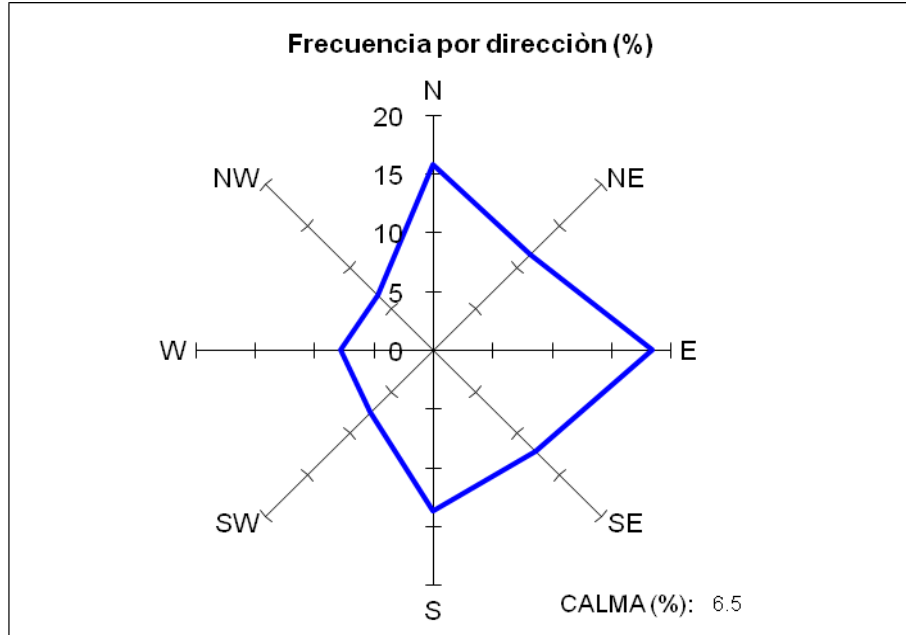
Frecuencia de vientos por direcciones (%) y velocidades media (km/h) – Período 1971/80																										
Mes	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Año	
Dir.	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia
<b>N</b>	22.8	19	18.8	19	18.8	17	18.5	17	17.1	17	15.6	17	17.2	15	15	17	14.2	17	14.4	17	20.8	20	23.1	19	18	17
<b>NE</b>	10.8	17	11.7	15	12.3	17	8	13	8.7	13	5.8	17	6.9	13	6.9	15	9.5	15	12.3	15	9.9	15	13.5	15	9.7	15
<b>E</b>	20.9	17	20.3	15	19.4	13	12.2	13	11.4	13	10.5	11	11.7	11	14.4	15	20.9	17	23.7	15	16.8	15	19.4	15	16.8	15
<b>SE</b>	13.4	24	11.6	20	10.3	19	8.9	20	9.5	19	8.3	20	11.6	19	10.3	22	10.9	22	10.5	20	9.3	20	10.1	22	10.4	20
<b>S</b>	10.3	26	11.8	22	15.1	22	12.5	22	13.4	22	13.8	20	10.3	20	14	22	16.1	22	16.2	26	16.8	26	11.5	26	13.5	24
<b>SW</b>	4	26	4.3	20	4.4	20	8.1	20	10.2	20	10.5	22	9.9	22	8.1	20	6.9	20	5.1	22	6.1	26	5.2	26	6.9	22
<b>W</b>	4.4	20	7	20	4.4	17	7.9	19	8.8	20	13.6	20	10	20	10	19	7.3	20	5.6	20	5.9	20	5.2	22	7.5	20
<b>NW</b>	5.2	19	5.5	17	4.2	15	7.8	17	7.3	19	10.5	19	8.7	15	9.8	15	4.3	17	3.2	20	7.3	20	4.7	20	6.5	17
<b>CALMA</b>	8.3		8.9		11		16.1		13.5		11.4		13.7		11.5		9.8		8.9		7.3		7.3		10.7	

**Tabla 7. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1971/80**

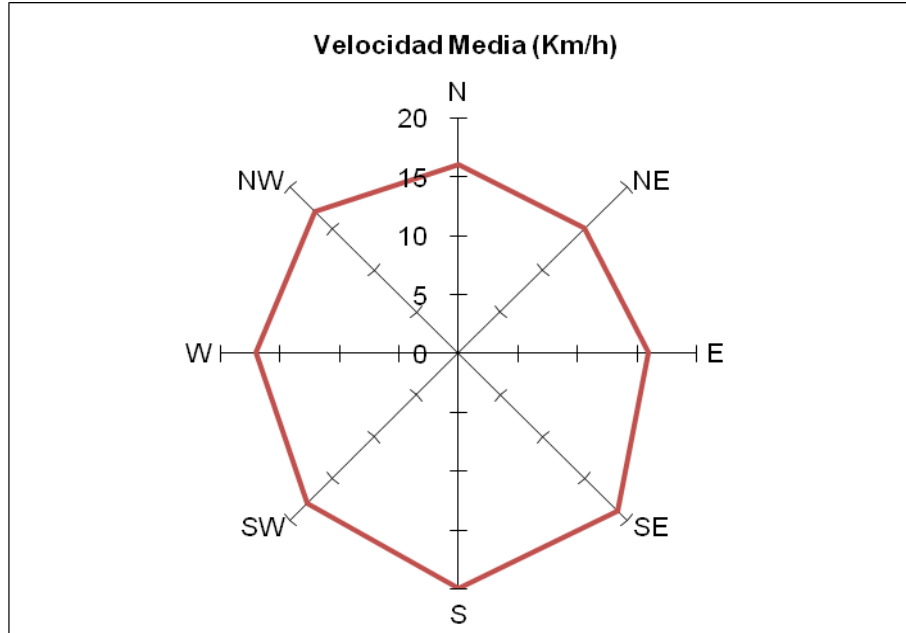
Frecuencia de vientos por direcciones (%) y velocidades media (km/h) – Período 1981/90																										
Mes	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Año	
Dir.	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia	frec. (%)	Vmedia
<b>N</b>	17.8	17	16.7	19	14.9	16	15.2	15	18.7	15	14.8	15	13.3	15	13.3	15	12.5	16	17	16	16	17	19	18	15.8	16
<b>NE</b>	14	15	13.2	17	12.3	16	12.4	14	6.9	14	6.8	13	11	13	9.8	13	12.3	13	11.3	16	13.2	16	15	15	11.5	15
<b>E</b>	24.1	15	23.8	17	18.9	16	14.3	15	10	12	8.9	12	13.6	13	20.5	15	22.5	16	20.4	17	21.7	16	22.2	17	18.4	16
<b>SE</b>	13.1	20	12.4	19	12	19	9.7	17	10.6	17	9.2	16	12.6	17	14.2	19	15.1	20	10.2	20	12.1	20	14.6	19	12.2	19
<b>S</b>	10.7	23	14	21	15.4	21	15.1	18	12.4	18	14.3	19	15.2	19	14.6	19	14.6	22	14.2	20	14.3	21	10	20	13.7	20
<b>SW</b>	5.1	22	5.8	18	7.2	17	8.5	18	11.6	17	11.3	17	9.3	18	6.2	18	6.6	18	8.6	22	5.5	19	3.8	17	7.5	18
<b>W</b>	5.4	20	5	18	7.3	14	10.3	14	12.6	18	13.8	17	9.3	15	8	16	5.4	17	6.3	18	6	16	4.5	18	7.8	17
<b>NW</b>	4.4	17	4.4	19	6.7	16	5.3	16	11.4	15	11.5	18	7.7	17	4.8	16	5.1	16	5.7	15	6.8	17	5.5	17	6.6	17
<b>CALMA</b>	5.4		4.7		5.3		9.2		5.8		9.4		8		8.6		5.9		6.3		4.4		5.4		6.5	

**Tabla 8. Frecuencia de vientos por direcciones y velocidades media. Período 1981/90**

La Figura 15 y Figura 16, muestran de manera gráfica mediante un diagrama radial, la frecuencia de ocurrencia y velocidad media de los vientos promedio anual, basados en los datos tabulados y presentados anteriormente.



**Figura 15. Frecuencia del Viento por Dirección. Período 1951 - 1990**



**Figura 16. Velocidad media del Viento. Período 1951 - 1990**

## 2.5.2 Distribución por rangos de intensidad y dirección

Se presenta a continuación la distribución de vientos según rangos de velocidad y para una rosa de 16 direcciones, determinada en base de datos horarios de las series 1969-1978 y 1981 – 1990 de la estación meteorológica ubicada en el Aeroparque. Los resultados se encuentran volcados en la Tabla 9 y Tabla 10.

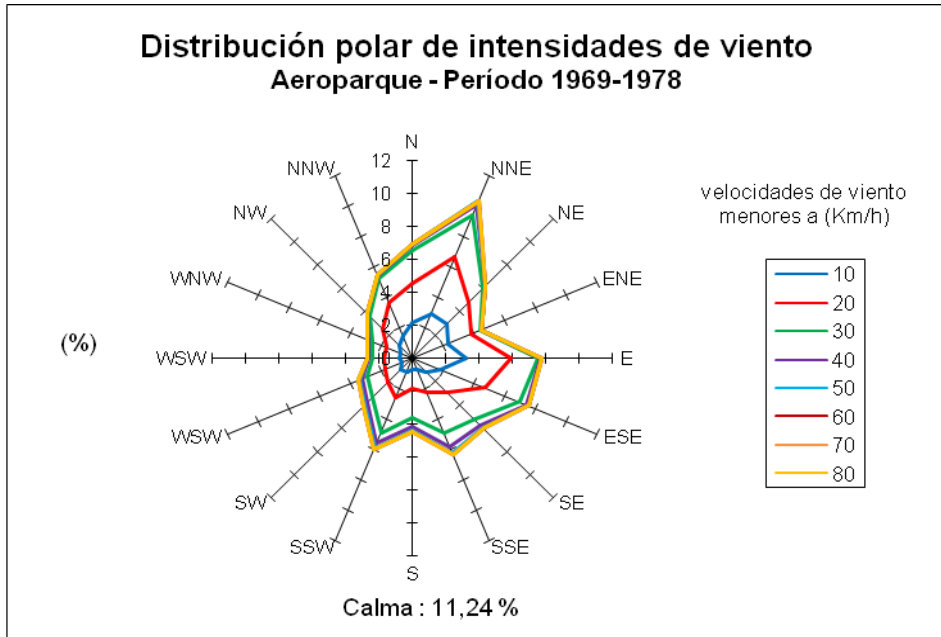
Distribución polar de intensidades de viento (%).Período 1969 – 1978									
Intensidades de viento (Km/h)									
Dirección	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70	71 - 80	Total
N	2.12	2.43	1.95	0.34	0.08	0.01			6.93
NNE	2.91	3.74	2.78	0.65	0.22	0.01			10.31
NE	2.93	1.84	1.21	0.16	0.04	0.01			6.19
ENE	2.27	1.52	0.62	0.05	0.03				4.49
E	3.20	2.69	1.64	0.15	0.05	0.01			7.74
ESE	1.78	2.94	2.25	0.45	0.12	0.01			7.55
SE	1.20	1.76	2.30	0.53	0.19	0.05			6.03
SSE	0.73	1.54	2.66	0.93	0.41	0.09	0.01	0.01	6.38
S	0.69	1.19	1.78	0.51	0.24	0.07		0.01	4.49
SSW	0.90	1.69	2.31	0.72	0.28	0.10	0.01		6.01
SW	0.99	1.12	1.32	0.43	0.24	0.05			4.15
WSW	0.73	1.02	1.15	0.37	0.19	0.03			3.49
WSW	0.79	0.90	0.73	0.18	0.10	0.01			2.71
WNW	0.77	0.96	0.89	0.23	0.09	0.01			2.95
NW	1.07	1.45	1.14	0.16	0.04	0.01			3.87
NNW	1.46	2.22	1.53	0.22	0.03	0.01			5.47
Total	24.54	29.01	26.26	6.08	2.35	0.48	0.02	0.02	88.76
								Calma	11.24

Tabla 9. Distribución polar de intensidades de viento. Período 1969 – 1978

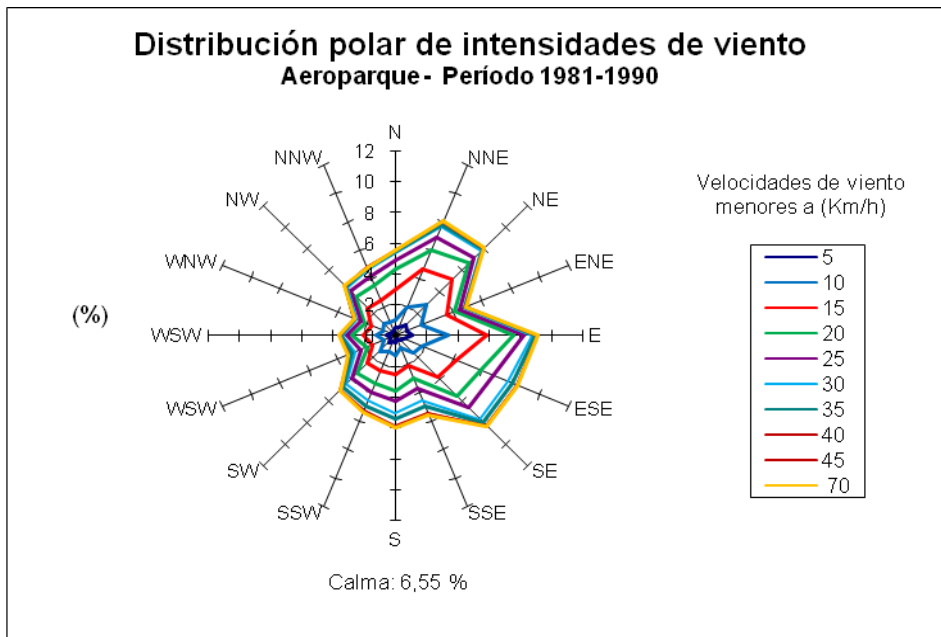
Distribución polar de intensidades de viento (%).Período 1981 – 1990											
Intensidades de viento (Km/h)											
Dirección	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	36 - 40	41 - 45	> 45	Total
N	0.52	0.49	2.00	1.30	0.57	0.47	0.08	0.10	0.01	0.01	5.55
NNE	0.59	1.37	2.68	1.36	0.90	0.75	0.17	0.17	0.01	0.03	8.03
NE	0.98	1.89	2.27	1.49	0.55	0.59	0.15	0.13		0.01	8.06
ENE	0.82	1.02	1.76	0.54	0.36	0.29	0.07	0.02	0.01		4.89
E	1.11	2.26	2.48	1.77	0.63	0.56	0.19	0.13	0.01	0.01	9.15
ESE	0.56	1.25	2.37	1.69	0.95	0.95	0.38	0.26	0.06	0.05	8.52
SE	0.45	1.16	2.22	1.73	1.06	1.04	0.31	0.31		0.01	8.29
SSE	0.20	0.65	1.26	0.88	0.70	0.82	0.47	0.41	0.06	0.08	5.53
S	0.46	0.84	1.23	1.06	0.61	0.79	0.37	0.52	0.02	0.07	5.97
SSW	0.38	0.70	1.36	0.86	0.68	0.59	0.37	0.30	0.03	0.09	5.36
SW	0.59	0.81	1.07	0.95	0.46	0.57	0.29	0.22	0.02	0.03	5.01
WSW	0.33	0.42	0.82	0.38	0.46	0.40	0.20	0.17	0.03	0.05	3.26
WSW	0.56	0.65	0.85	0.71	0.31	0.33	0.08	0.10		0.04	3.63
WNW	0.34	0.49	0.86	0.42	0.31	0.26	0.10	0.05		0.01	2.84
NW	0.30	0.75	1.44	1.05	0.54	0.29	0.14	0.06	0.01	0.01	4.59
NNW	0.33	0.63	1.50	1.07	0.63	0.45	0.11	0.05			4.77
Total	8.52	15.38	26.17	17.26	9.72	9.15	3.48	3.00	0.27	0.50	93.45
										Calma	6.55

Tabla 10. Distribución polar de intensidades de viento. Período 1981 - 1990

La Figura 17 y Figura 18 permiten ver el porcentaje de ocurrencia de vientos con intensidades menores que el valor indicado por cada una de las líneas del diagrama radial.



**Figura 17. Distribución polar de intensidades de viento. Período 1969 – 1978**



**Figura 18. Distribución polar de intensidades de viento. Período 1981 - 1990**



### 2.5.3 Estadística de vientos con intensidad superior a 35 km/h (Fuerza 5 en escala de Beaufort)

En la Tabla 11 se indica para cada dirección y según distintos rangos de velocidad, el número total de observaciones, la frecuencia de ocurrencia en porcentaje sobre el total de datos y la frecuencia de ocurrencia sobre la cantidad de eventos cuya intensidad supero los 35 km/h para el mismo periodo de tiempo del inciso anterior.

Estadística de vientos fuertes mayores a 35 Km/h								
	Fuerza	5	6	7	8	9	10	Total
	Km/h	35 - 44	45-54	55-64	65-74	75-84	85-94	
N	(A)	20.40	0.80	0.20	0.00	0.20	0.00	21.60
	(B)	10.89	0.43	0.11	0.00	0.11	0.00	11.53
	(C)	0.70	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.74
NE	(A)	8.80	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00	9.80
	(B)	4.70	0.43	0.11	0.00	0.00	0.00	5.23
	(C)	0.30	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.34
E	(A)	11.40	1.60	0.40	0.00	0.00	0.00	13.4
	(B)	6.08	0.85	0.21	0.00	0.00	0.00	7.15
	(C)	0.39	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.46
SE	(A)	23.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	26.00
	(B)	12.27	1.07	0.53	0.00	0.00	0.00	13.87
	(C)	0.79	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.89
S	(A)	41.60	7.20	4.60	1.60	0.60	0.20	55.8
	(B)	22.20	3.84	2.45	0.85	0.32	0.11	29.78
	(C)	1.42	0.25	0.16	0.05	0.02	0.01	1.91
SW	(A)	26.20	3.80	1.20	0.20	0.00	0.00	31.4
	(B)	13.98	2.03	0.64	0.11	0.00	0.00	16.76
	(C)	0.90	0.13	0.04	0.01	0.00	0.00	1.08
W	(A)	17.60	1.60	0.40	0.20	0.00	0.00	19.8
	(B)	9.39	0.85	0.21	0.11	0.00	0.00	10.57
	(C)	0.60	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.68
NW	(A)	8.20	1.00	0.20	0.00	0.20	0.00	9.6
	(B)	4.38	0.53	0.11	0.00	0.11	0.00	5.12
	(C)	0.28	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.33
TOTAL	(A)	157.20	18.80	8.20	2.00	1.00	0.20	187.4
	(B)	83.88	10.03	4.38	1.07	0.53	0.11	100.00
	(C)	5.38	0.64	0.28	0.07	0.03	0.01	6.42
Cantidad de datos con velocidad > 35 Km/h:								937
Cantidad total de datos:								14600
REF.:	(A)	Número anual de observaciones promedio por año						
	(B)	Porcentaje anual de ocurrencia sobre vientos mayores de 35 km/h						
	(C)	Porcentaje anual de ocurrencia sobre el total de datos						

**Tabla 11. Estadística de vientos fuertes mayores a 35 Km/h**

La Figura 19 muestra gráficamente la distribución de vientos fuertes para cada dirección:

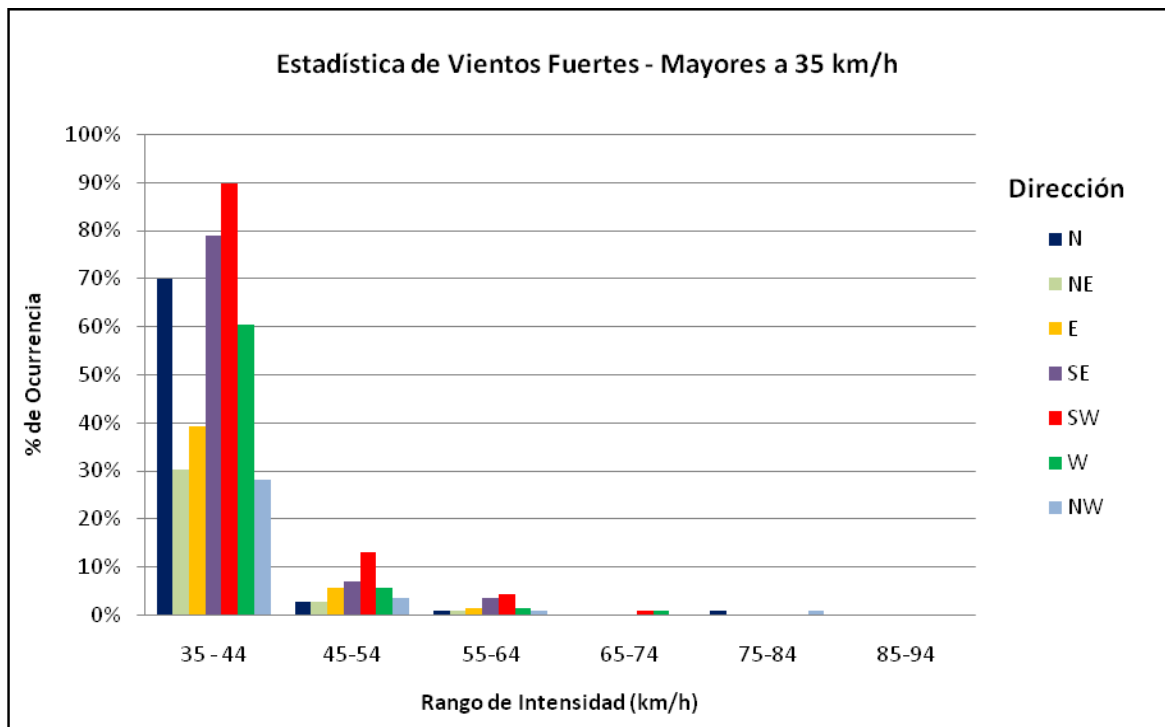


Figura 19. Estadística de Vientos Fuertes - Mayores a 35 km/h

### 2.5.4 Eventos extremos

De la estadística climatológica 1981-90 y serie 1984-1998 obtenidas del Servicio Meteorológico Nacional, se han obtenido los valores extremos que se representan en la Tabla 12.

Se indican la intensidad máxima registrada con su correspondiente dirección y la fecha de ocurrencia

Velocidad (km/h)	Dirección	Fecha de Ocurrencia
111	N	29/10/1984
111	SE	22/09/1988
101	SSW	26/01/1986
94	WSW	02/02/1982
92	S	23/03/1987
92	SW	25/11/1985
88	WSW	29/05/1984
85	ESE	14/08/1990
83	SSW	28/04/1985
75	SW	26/12/1986
74	SW	22/06/1987
66	SSE	04/07/1985

Tabla 12. Valores extremos de intensidades de viento

Por último se presentan los valores relativos a la distribución de días con sudestadas de acuerdo con información de la estación Aeroparque:

- Frecuencia máxima de sudestadas: corresponde al mes de OCTUBRE, con el 16.37% del total anual, es decir 6 días promedio.
- Frecuencia mínima: corresponde al mes de MAYO, con el 4.81% del total anual, o sea 1.74 días promedio.

La distribución de sudestadas con ráfagas máximas entre 15 y 40 nudos (28 y 74 km/h), durante las 4 estaciones del año se muestra en la Tabla 13

Estación	Aeroparque	
	% respecto del total de sudestadas	Días
Verano	18.45	6.76
Otoño	18.6	6.8
Invierno	26.5	9.7
Primavera	36.45	13.37
<b>Total Anual</b>	100	36.63

**Tabla 13. Distribución de sudestadas por estaciones**

Según la velocidad de las ráfagas máximas, las jornadas con sudestadas se distribuyen de la siguiente forma:

Viento máximo (km/h)	Promedio Anual (días)	Porcentaje sobre el total de sudestadas (%)	Intensidad
55 km/h	4.3 días	11.7 %	Fuerte
37 a 54 Km/h	22.2 días	60,6 %	Moderada
28 a 35 Km/h	10.1 días	27.7 %	Leve
Totales	36.6 días	100 %	

**Tabla 14. Distribución de intensidad según velocidad de ráfagas en eventos de sudestadas.**

### 3. BATIMETRÍA y TOPOGRAFÍA

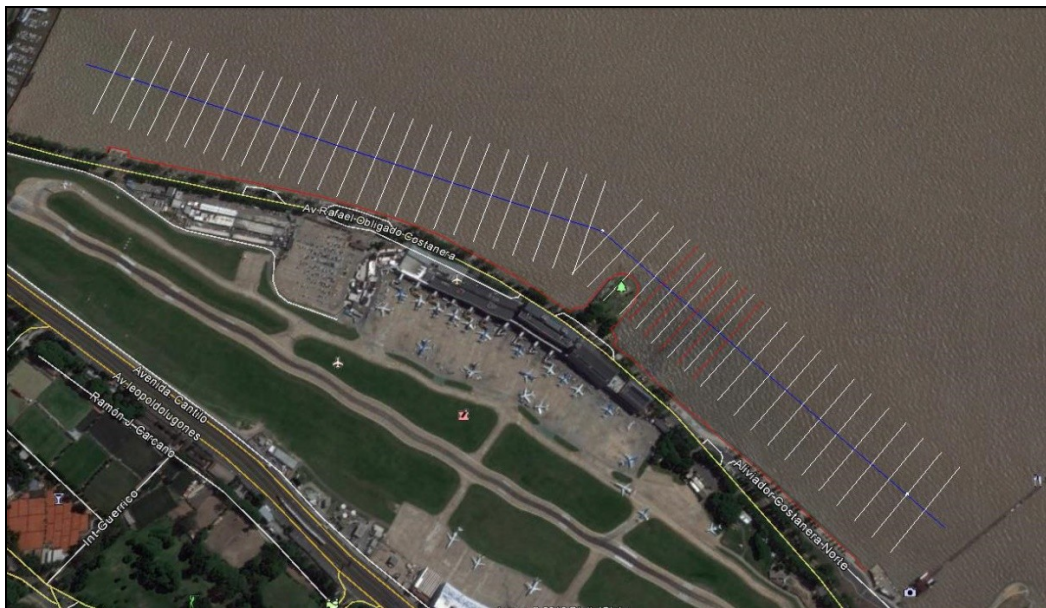
#### 3.1 Batimetría

A fin de actualizar información en la zona de específico interés y mejorar la representatividad de la morfología de fondo se llevó a cabo un relevamiento batimétrico extendido sobre el área de estudio frente a Aeroparque.

El relevamiento batimétrico se extendió a lo largo de todo el frente costero en que se proyecta el relleno hasta una distancia mínima de 250 m hacia el río.

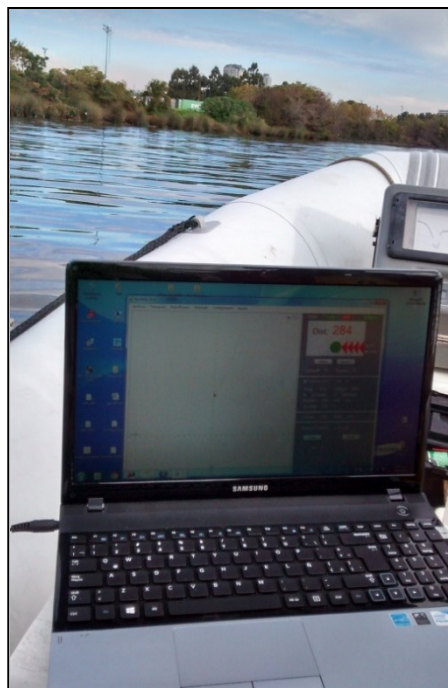
El plan de relevamiento comprendió el levantamiento de perfiles perpendiculares a la costa separadas cada 50 m. Dichos perfiles fueron densificados en correspondencia con la descarga del A° Maldonado, resultando en una separación entre perfiles de 25 m. Se planificaron 51 perfiles, cubriendo una distancia longitudinal a la costa de 2.300 m.

La disposición de perfiles planificados se muestra en la Figura 20.



**Figura 20. Plan batimétrico**

El relevamiento batimétrico fue ejecutado con utilización de una embarcación de bajo calado equipada con ecosonda digital apta para relevamiento hidrográfico (con registro digital y en papel termosensible), equipo de posicionamiento satelital GPS y notebook con sistema de navegación y control de relevamiento.

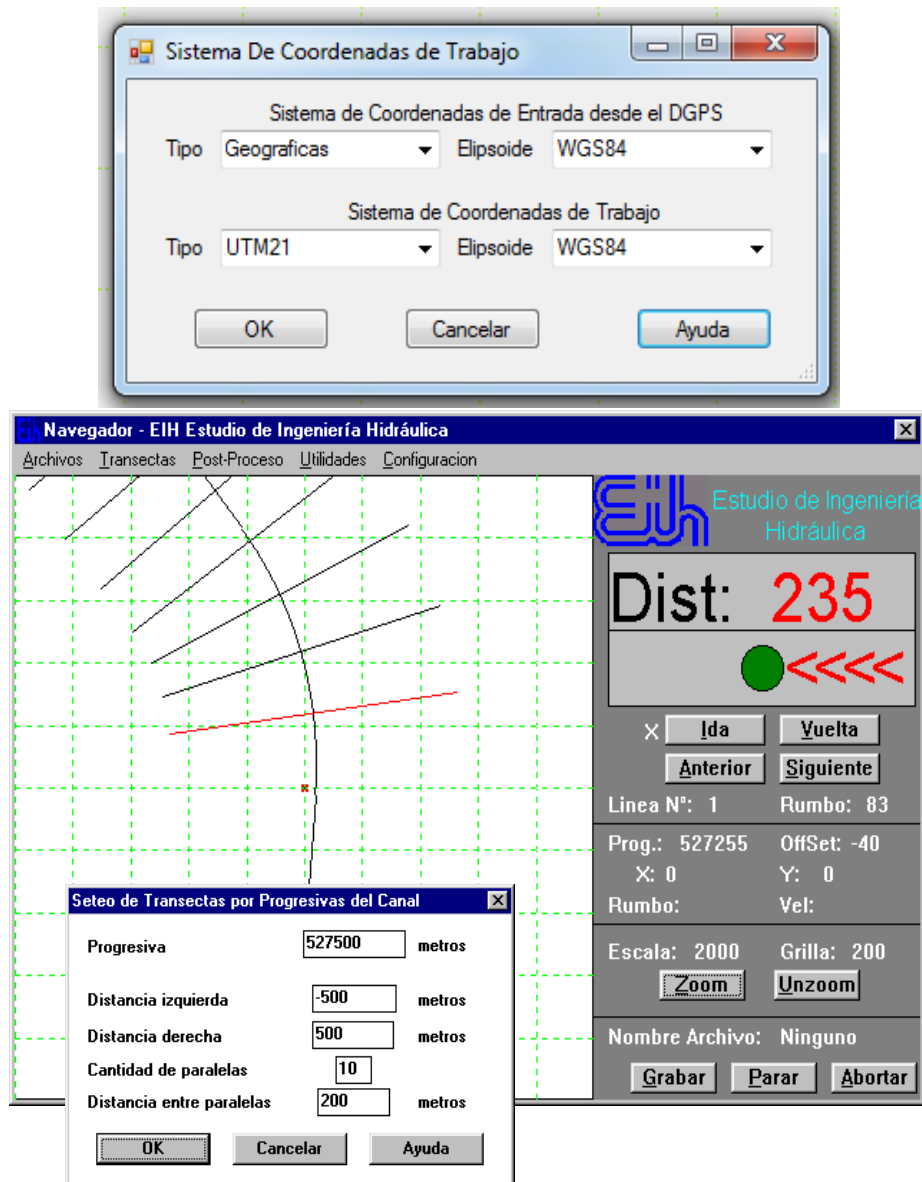


**Figura 21. Embarcación hidrográfica para relevamiento**

Para apoyo a la navegación y control de las líneas a relevar se utilizó el software EIH NAVEGA, especialmente diseñado por EIH para relevamientos hidrográficos, el cual permite la programación de las líneas a relevar y el control de las derrotas de navegación, a partir de la visualización en pantalla y en tiempo real del recorrido de la embarcación sobre la derrota programada. El software además almacena la información de profundidades y posiciones en archivos de texto, permitiendo un manejo ordenado y totalmente controlado del relevamiento y los datos generados.

La Figura 22 muestra una pantalla típica del software de navegación.





**Figura 22. Vista del sistema NAVEGA para programación y control**

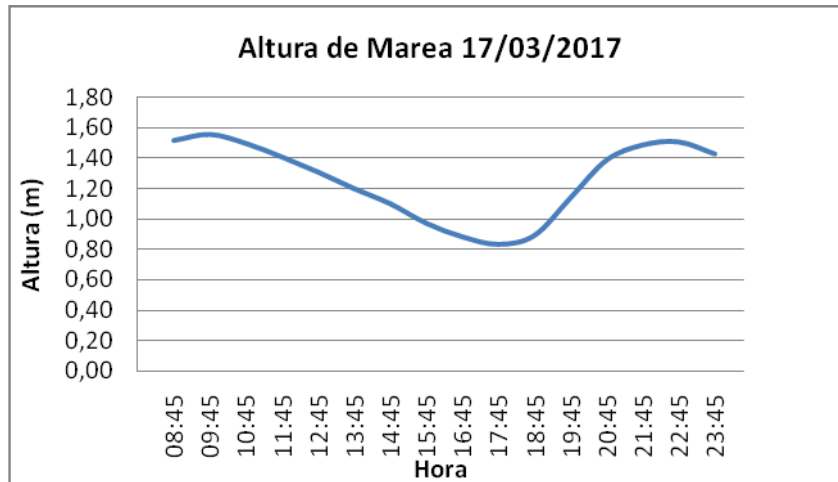
Para el post-procesamiento de la información, que implica realizar la corrección de marea para referenciar las profundidades al cero del Riachuelo, se obtuvieron los datos de niveles de marea registrados por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), ubicado en el Puerto de Buenos Aires:

Estación	Ubicación	Latitud	Longitud
Pto. Buenos Aires (Palermo)	Muelle Club de Pescadores, frente a Aeroparque J. Newbery, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.	34°33'39" S	58.23'56" W

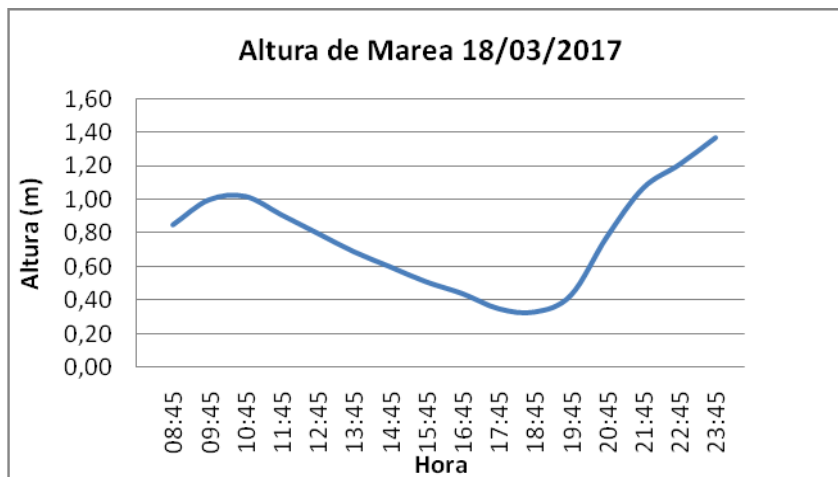
**Tabla 15. Información de la estación mareográfica del SHN**

Los datos de marea recopilados para el post-procesamiento, correspondiente a los días 17 y 18 de Marzo de 2017 se presentan en las Figuras siguientes.





**Figura 23. Altura de marea - 17 de Marzo de 2017**



**Figura 24. Altura de marea - 18 de Marzo de 2017**

Los resultados del relevamiento han sido volcados al **Plano N° 01: "Relevamiento Batimétrico y Nivelación"**. Las profundidades son referenciadas al cero del Riachuelo (cero MOP), el cual se ubica a 0,556 m por encima del cero IGN.

### 3.2 Topografía

Sobre el sector terrestre de la costanera, se realizó un relevamiento topográfico para la determinación de puntos acotados del perfil costero terrestre. Se relevó el sector que abarca desde el cordón cuneta de la avenida costanera, hasta el borde costero actual del río.

La información topográfica relevada ha sido volcada juntamente con el relevamiento batimétrico en el **Plano N° 01: "Relevamiento Batimétrico y Nivelación"**. Asimismo la información obtenida, consistente en puntos xyz, permiten la conformación de un modelo de terreno a partir del cual además es posible la obtención de perfiles del terreno existente y del fondo del Río de la Plata.

## 4. ESTUDIO HIDRODINÁMICO

---

A los efectos de determinar las acciones a considerar en el diseño de las estructura de contención del relleno y obras de protección costera se realizan estudios de olas y corrientes. El presente apartado trata sobre el estudio del campo de corrientes y niveles en la zona de estudio, asociados a condiciones climáticas normales y extremas (derivadas de la acción de los vientos que actúan sobre el Río de la Plata).

Para el estudio de corrientes EIH cuenta con el modelo bidimensional del Río de la Plata, con el cual ha realizado una gran cantidad de estudios antecedentes en la zona.

### 4.1 Herramienta de Modelación Hidrodinámica

---

Para los estudios hidrodinámicos en el sector Río de la Plata se cuenta con el **Modelo Hidrodinámico del Río de la Plata** configurado sobre la plataforma **Mike 21** del DanishHydraulicInstitute. Este modelo se desarrolla en diferencias finitas sobre una malla de 1.000 m que cubre la totalidad del área del Río de la Plata (Modelo General), el cual se encuentra calibrado y validado en numerosas oportunidades en estudios anteriores realizados por EIH.

En este tipo de modelos, es posible configurar modelos anidados a escalas de mayor detalle (con pasos de malla menores), para resolver problemas localizados, como el caso en estudio.

La herramienta matemática sobre la que se basa el Modelo Hidrodinámico es un modelo bidimensional que resuelve las ecuaciones Saint Venant integradas en la vertical, utilizando para su resolución numérica la técnica de diferencias finitas.

El modelo simula el movimiento de flujos impermanentes a superficie libre, en dos dimensiones y en una capa (verticalmente homogéneo), obteniendo variaciones de los niveles y corrientes en respuesta a una variedad de fuerzas actuantes que lo hacen apto para su aplicación en lagos, estuarios, bahías y zonas costeras.

Las ecuaciones de conservación de masa y conservación de cantidad de movimiento, integradas en la vertical, describen las variaciones de niveles y velocidades en un sistema de coordenadas cartesiano xy.

El modelo general tiene un borde oceánico (que puede ser establecido en la línea Mar de Ajó / La Paloma ó San Clemente / Punta del Este) donde ingresa la onda de marea y un borde fluvial con ingreso de caudales de los Ríos Paraná y Uruguay. El modelo considera además la acción de la velocidad y dirección del viento que actúa sobre toda la superficie del estuario.

El modelo ha sido utilizado por la Consultora en numerosas oportunidades para analizar la hidrodinámica y los procesos de sedimentación y/o de calidad de aguas en el Río de La Plata, con aplicación a todos los canales de navegación existentes y proyectados y en los estudios sobre la zona costera para el análisis de las obras de saneamiento y en particular

el análisis del funcionamiento de emisarios cloacales sobre la franja costera en que se localiza la obra de relleno a analizar.

## **4.2 Características del Modelo y Validación**

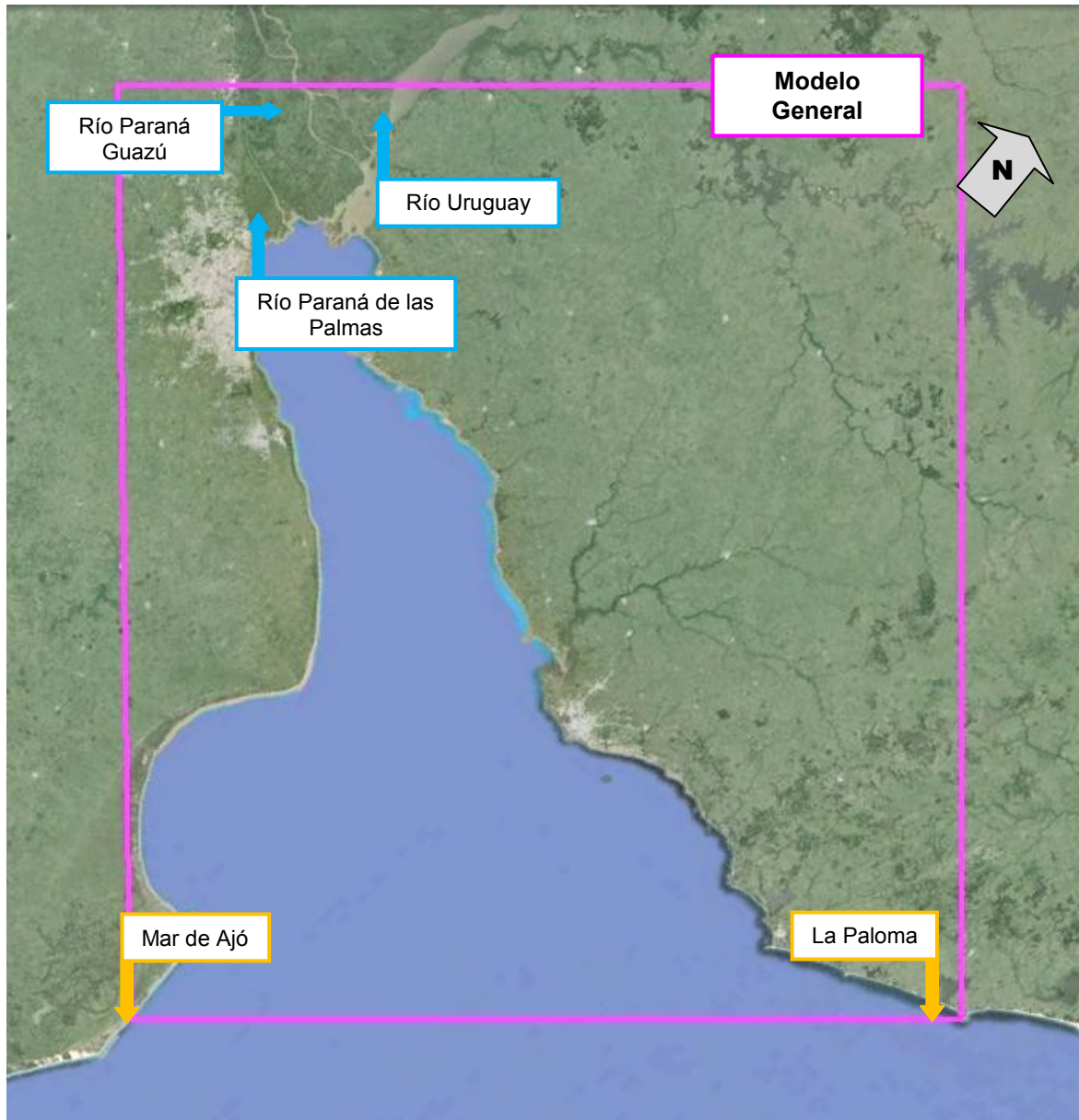
---

### **Modelo General del Río de la Plata**

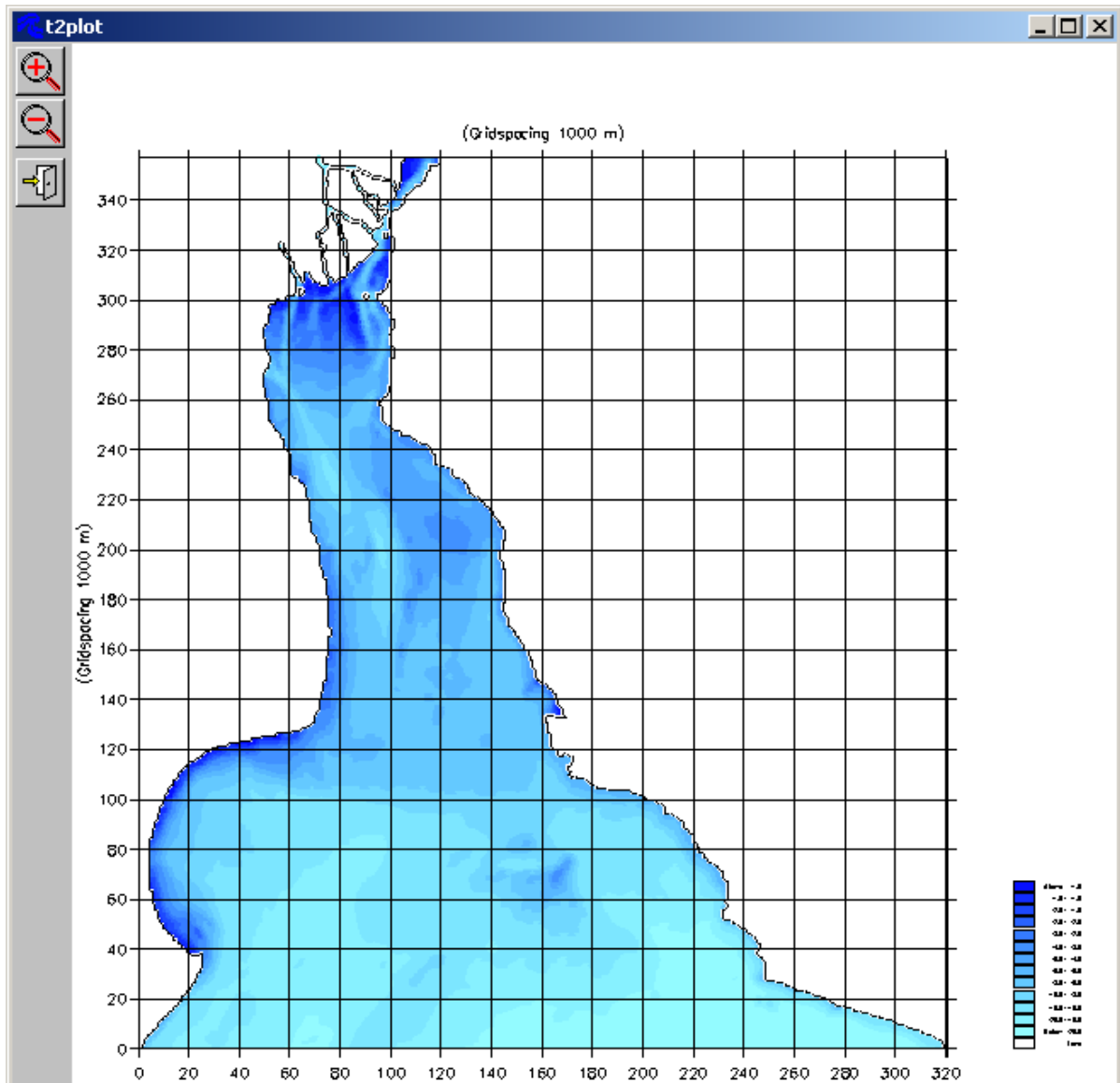
El Modelo General del Río de la Plata cubre la totalidad del Río de la Plata, y está configurado mediante una grilla de 1.000 m de paso de malla. Su extensión ha sido definida considerando el área que va desde la desembocadura de los ríos Paraná y Uruguay, hasta una línea recta que une las localidades de La Paloma en Uruguay y Mar de Ajó en Argentina, cubriendo un área de 321x357 Km.

Este modelo se conforma sobre una grilla que contiene la información batimétrica de toda el área, la cual fue cargada con información proveniente de distintos relevamientos existentes, entre ellos los realizados para el Servicio de Hidrografía Naval (ARG). Sobre esta grilla se aplican condiciones de borde, condiciones iniciales, vientos y por último se ajustan algunas variables hidrodinámicas.

Se denomina “lado sur” al borde oceánico comprendido entre La Paloma y Mar de Ajó. Así la frontera norte del modelo tiene como condición de borde el ingreso de los caudales del río Uruguay, río Paraná de las Palmas y río Paraná Guazú, mientras que en la frontera sur, por donde se produce el ingreso de la onda de marea oceánica, se aplica una condición de nivel. La Figura 25 y Figura 26 muestran la extensión geográfica del Modelo General y la batimetría cargada al modelo.



**Figura 25. Extensión geográfica del Modelo General del Río de La Plata**

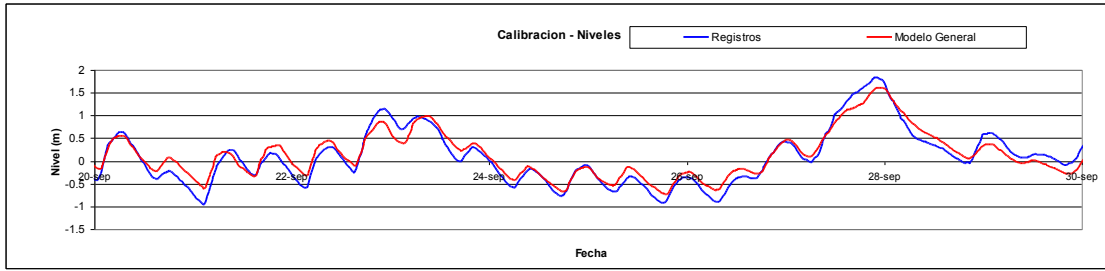


**Figura 26. Batimetría del Modelo General del Río de La Plata**

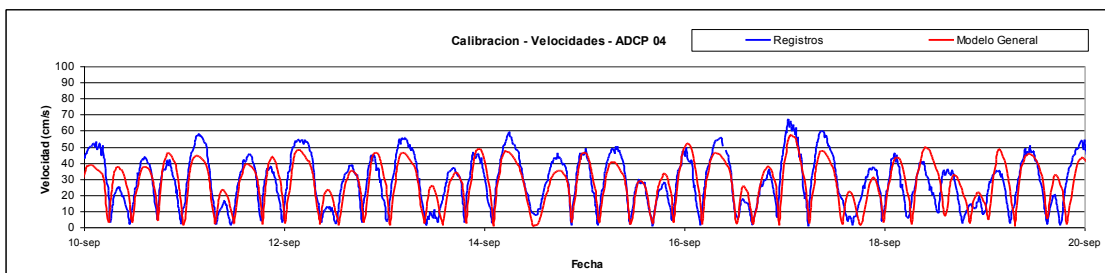
Como se mencionó anteriormente el modelo hidrodinámico del Río de la Plata fue inicialmente calibrado en 1993 y luego con datos complementarios en el año 1999.

El ajuste entre las situaciones medidas y calculadas por el modelo busca representar de manera adecuada tanto los niveles como las velocidades de la corriente, en magnitud y dirección. Para ello se utilizaron registros históricos de niveles y se instalaron correntógrafos ubicados en cercanías al Puerto de Buenos Aires.

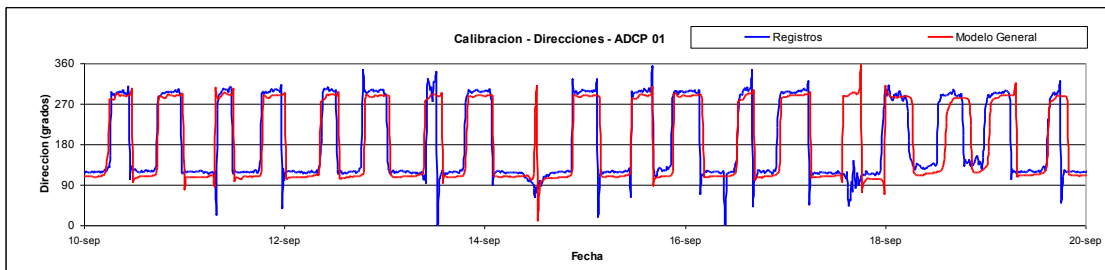
Como puede observarse en la Figura 27, la calibración de los modelos durante el período de medición es muy satisfactoria, brindando confianza para su aplicación a diferentes situaciones climáticas.



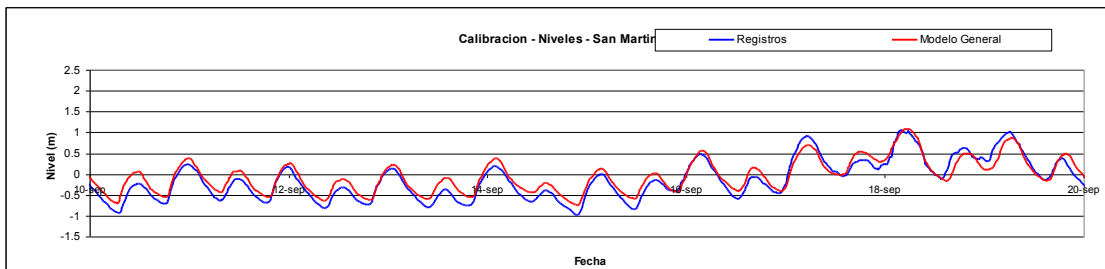
**Niveles punto de verificación 01**



**Velocidades punto de verificación 01**



**Direcciones punto de verificación 01**



**Niveles Toma San Martín**

**Figura 27. Comparaciones entre resultados del modelo y mediciones**



### **Modelo Regional y Modelo Local**

Para lograr una adecuada representación de los fenómenos que se desean estudiar, es necesario trabajar con diversas escalas, lo que asegura el necesario traslado de condiciones de borde de un modelo a otro, finalizando con el grado de detalle que resulte adecuado a los fines del estudio.

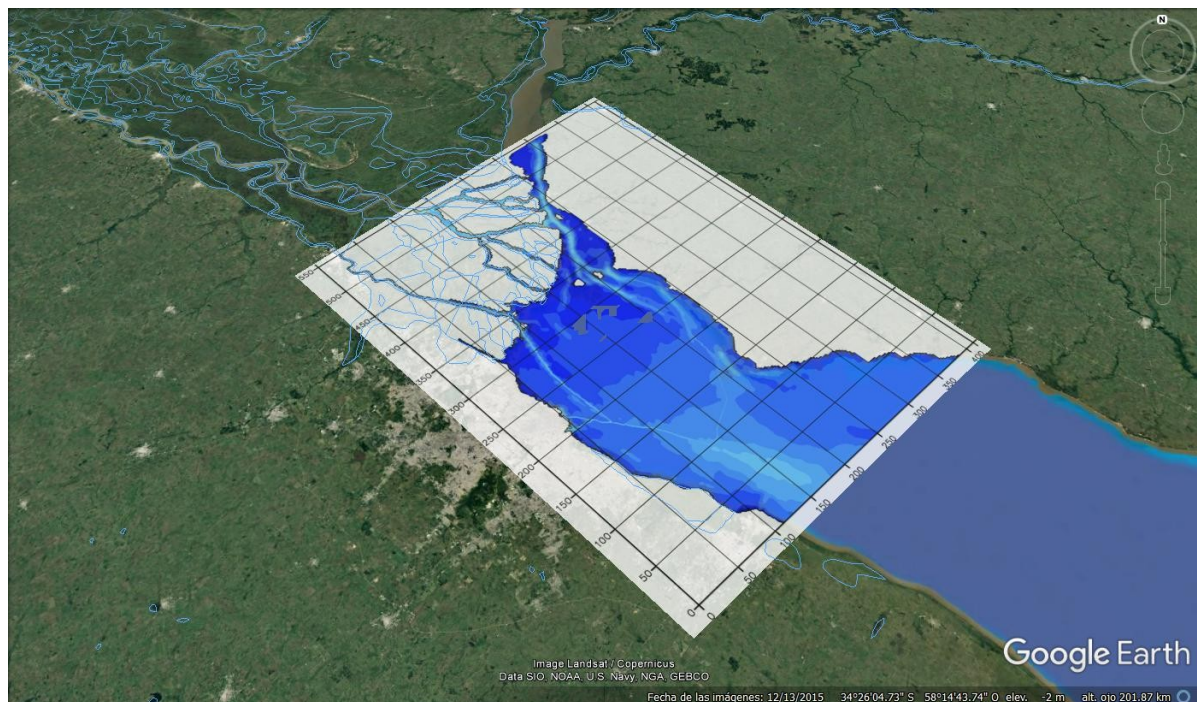
Por lo tanto, a partir del modelo general y con el agregado de mayores detalles en la representación del medio físico, se configura un submodelo regional y un submodelo local.

Dado que el objetivo de cada modelo es establecer un área sobre la cual posteriormente se configurará un modelo aún más detallado (modelo local), es importante que la extensión del mismo sea la suficiente como para asegurar que la zona de interés para el estudio quede bien abarcada y suficientemente alejada de los bordes. Asimismo, y como principio general en la aplicación de este tipo de herramientas, es importante que la extensión, paso de malla y alineación de los modelos anidados permitan simplificar los procesos de cálculo y la obtención de resultados, razón por la cual se mantiene siempre la misma orientación de las grillas.

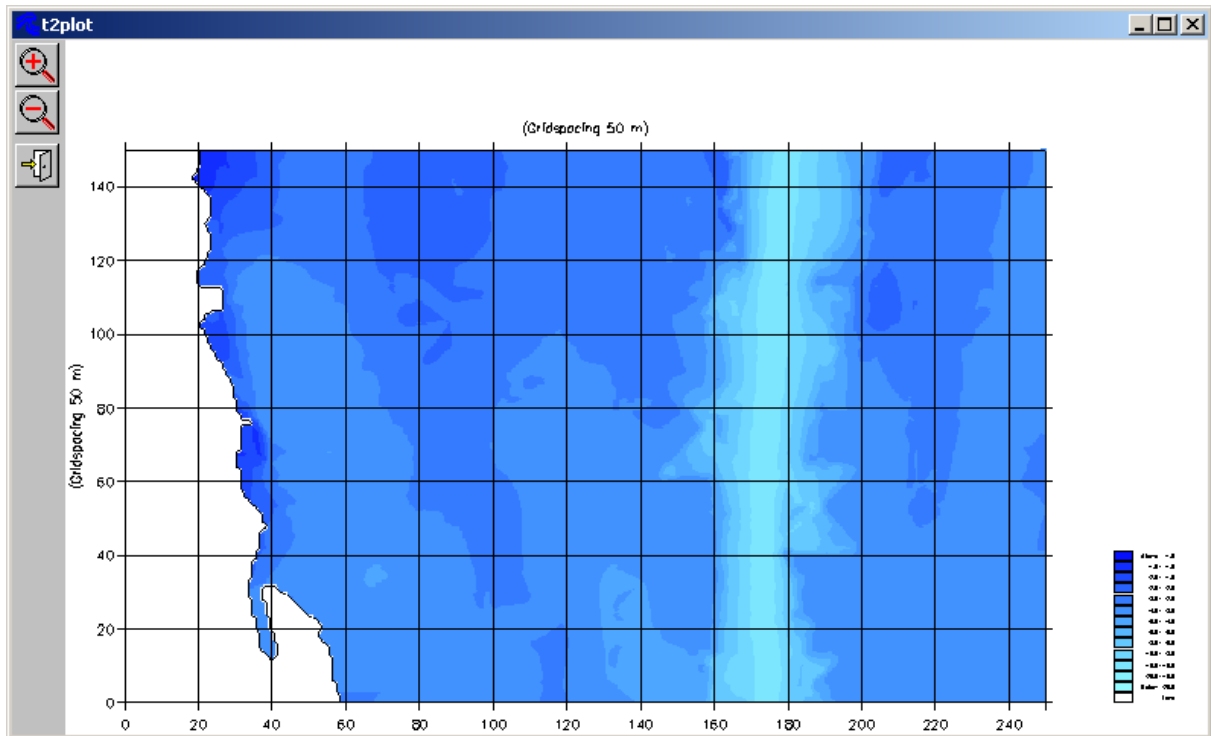
El modelo regional se construyó sobre una grilla de 250 m cubriendo la totalidad del ancho del Río de la Plata hasta una línea que pasa al sur del Puerto de La Plata.

El modelo local por su parte se construye sobre una malla de 50 m extendida en una franja costera de 20 Km por 10 Km.

La Figura 28 y Figura 29 ilustran sobre la ubicación de ambos submodelos sobre una imagen de Google Earth.



**Figura 28. Extensión y batimetría del submodelo regional (malla 250 m)**

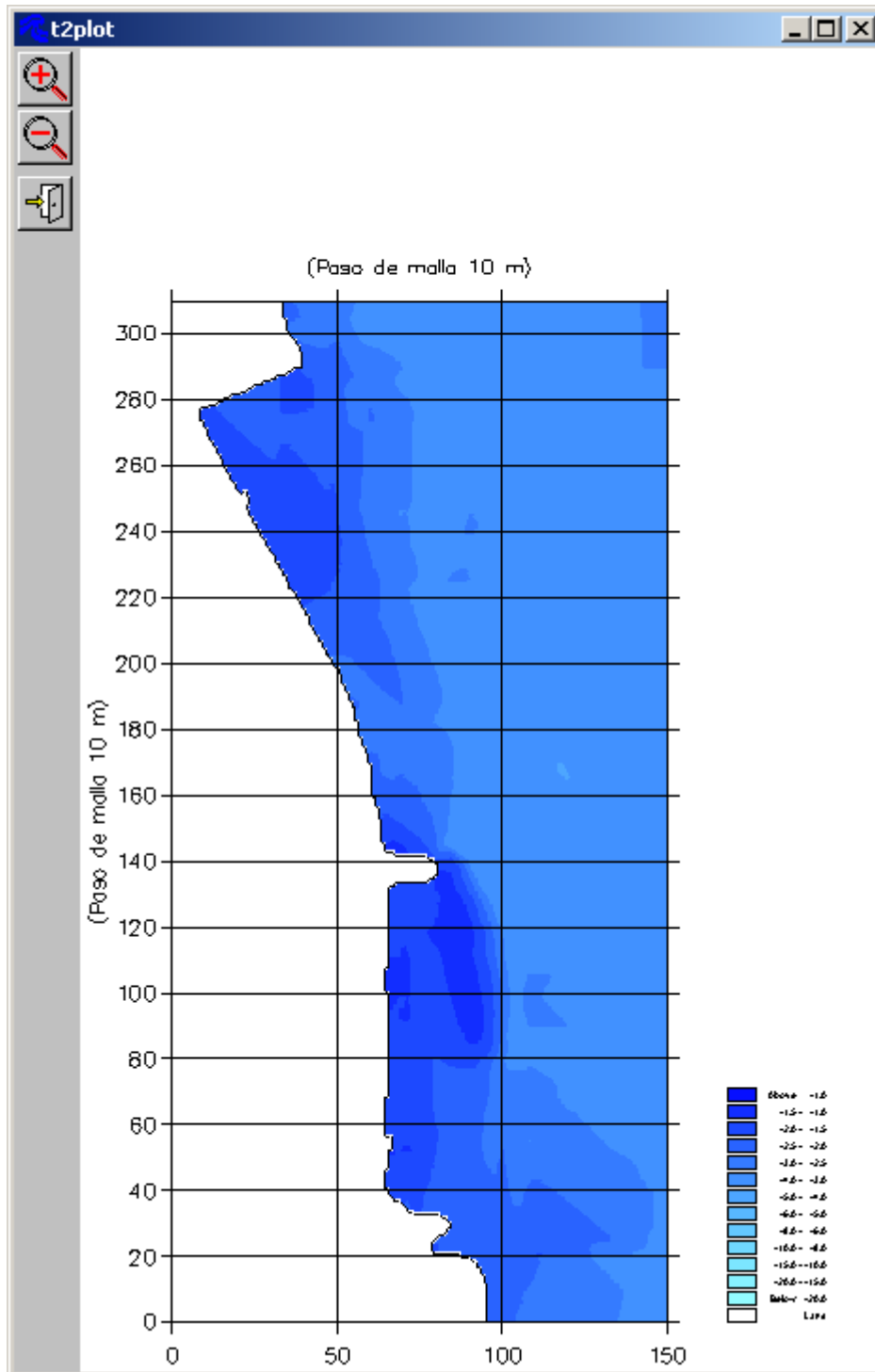


**Figura 29. Extensión de submodelolocal(250 m)**

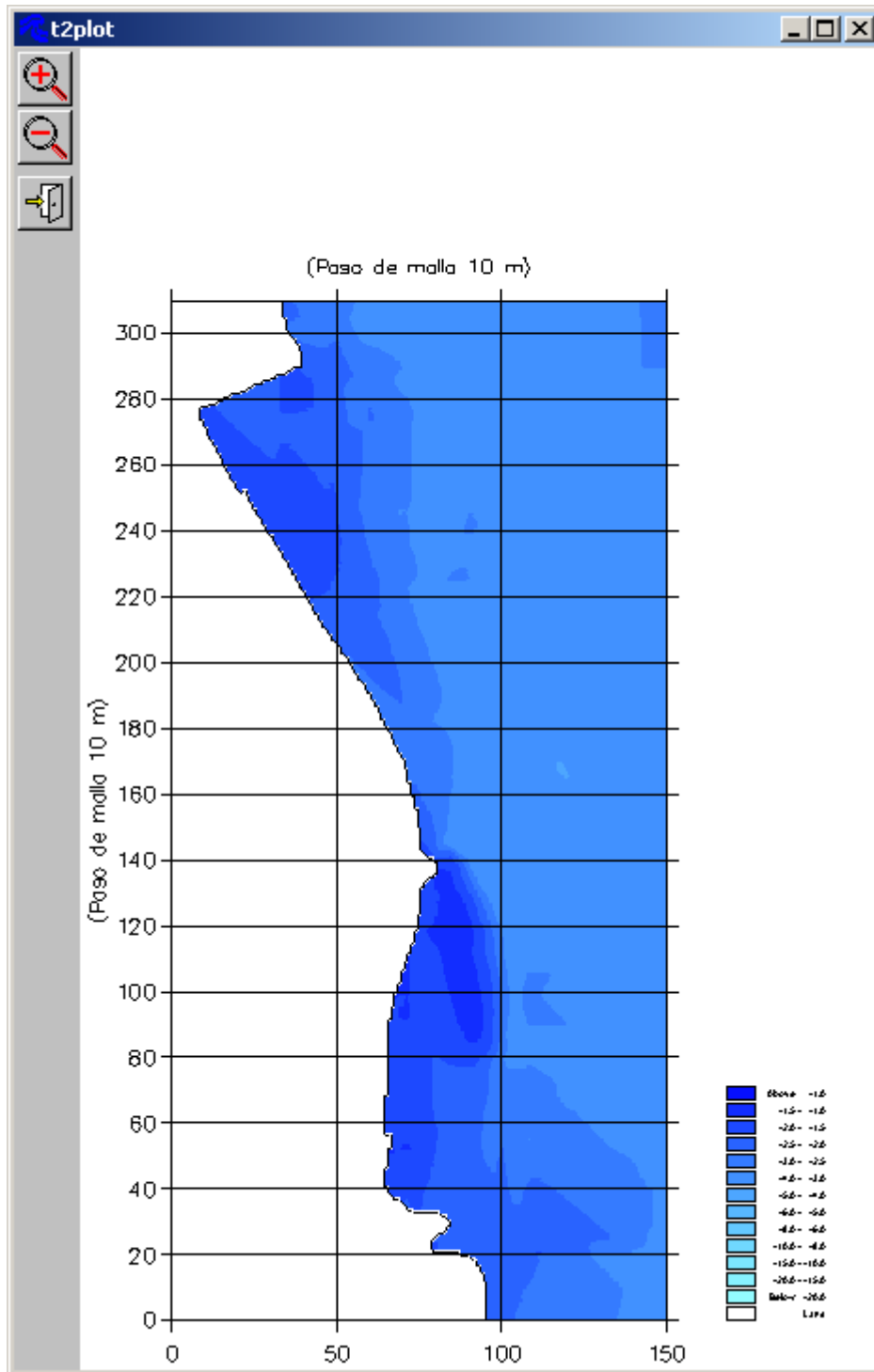
Cabe señalar que estos modelos están contruidos sobre la base de información batimétrica general obtenida de los relevamientos de campo que dieron origen a las cartas náuticas del Servicio de Hidrografía Naval más el agregado de relevamientos específicos en distintas zonas de interés, los cuales se han ido introduciendo en los diferentes estudios realizados con este modelo, tal el caso de las áreas de los canales de navegación o zona costera sobre la ciudad de Buenos Aires.

En particular para la presente aplicación se introdujo la información detallada de profundidades obtenidas del relevamiento batimétrico realizado como parte del presente trabajo.

Luego a los efectos de considerar la geometría detallada del relleno costero previsto, se configura un modelo con 10 m de paso de malla, en las situaciones con y sin proyecto, que se presentan en la Figura 29 y Figura 30.



**Figura 30. Extensión y Batimetría del modelo detallado – Situación sin proyecto (malla 10 m)**



**Figura 31. Extensión y Batimetría del modelo detallado – Situación con proyecto (malla 10 m)**

### 4.3 Resultados de la Modelación Hidrodinámica

En el presente apartado se presenta una síntesis de los resultados obtenidos de la modelación realizada, mientras que en el **Anexo A: Salidas Modelación Hidrodinámica** se presentan mayores detalles de tales resultados.

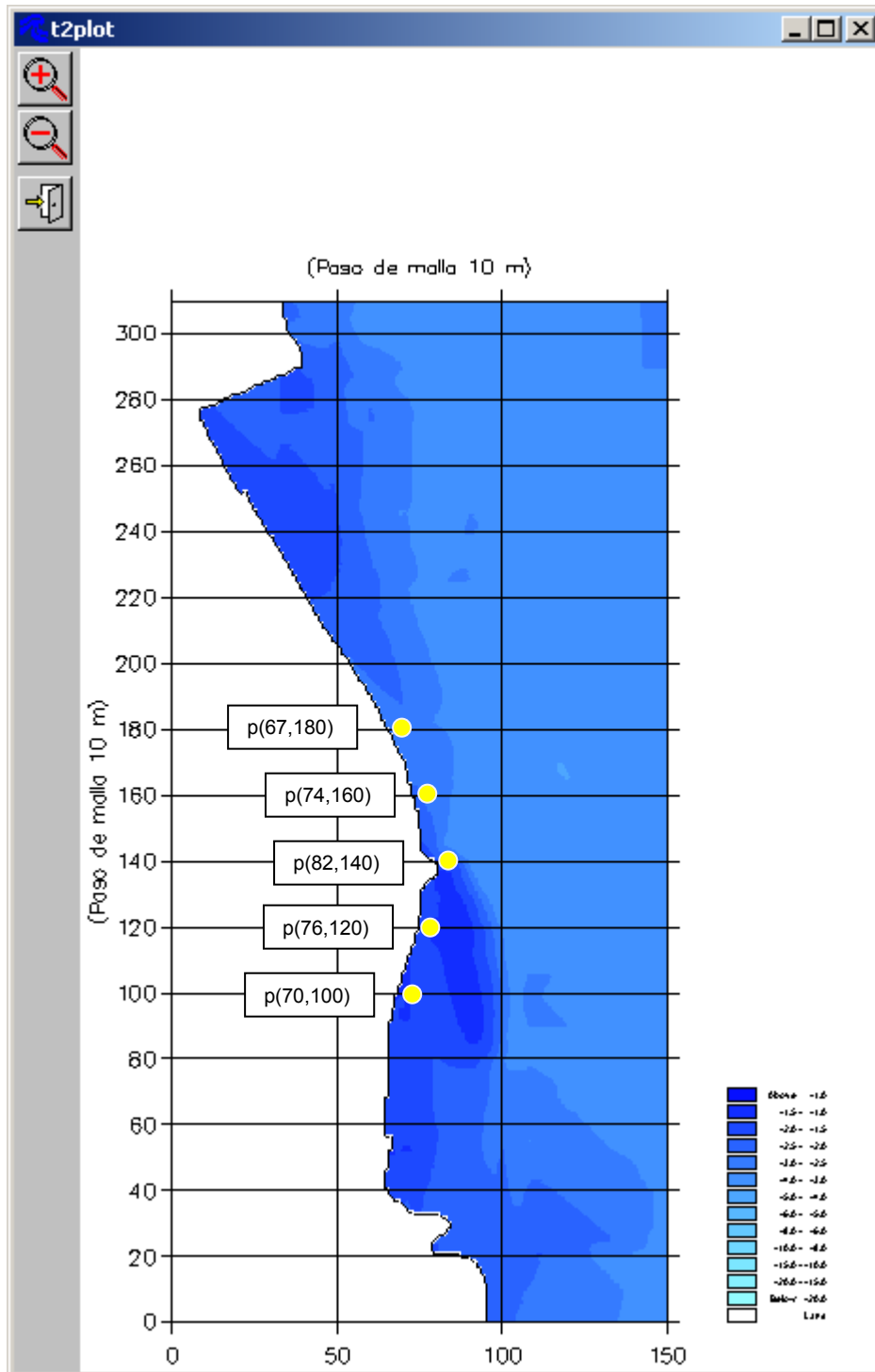
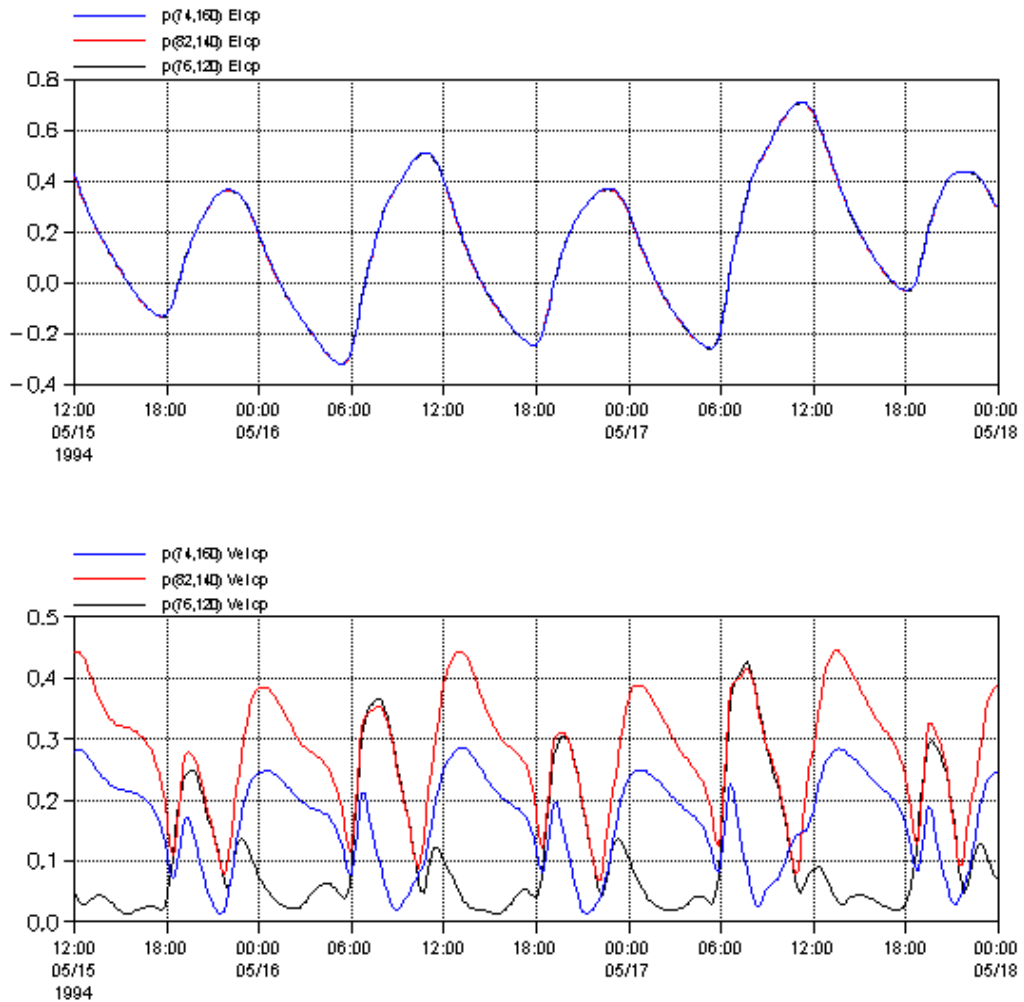


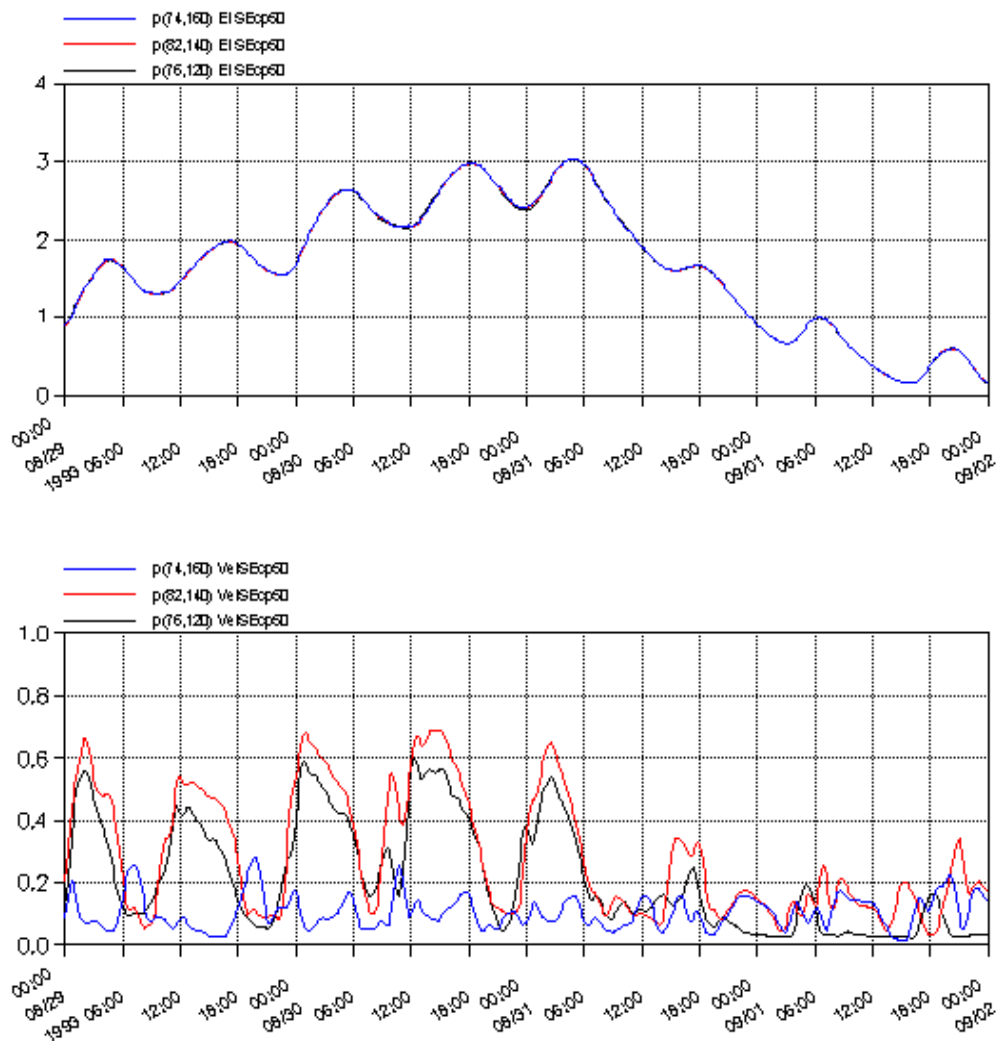
Figura 32. Ubicación de puntos para visualización de velocidades y niveles

La Figura 31 y Figura 32 muestran los niveles y velocidades en puntos cercanos a la costa, en el entorno del tramo central del relleno. La primera muestra una condición normal de vientos y mareas mientras que la segunda está representando una típica sudestada.



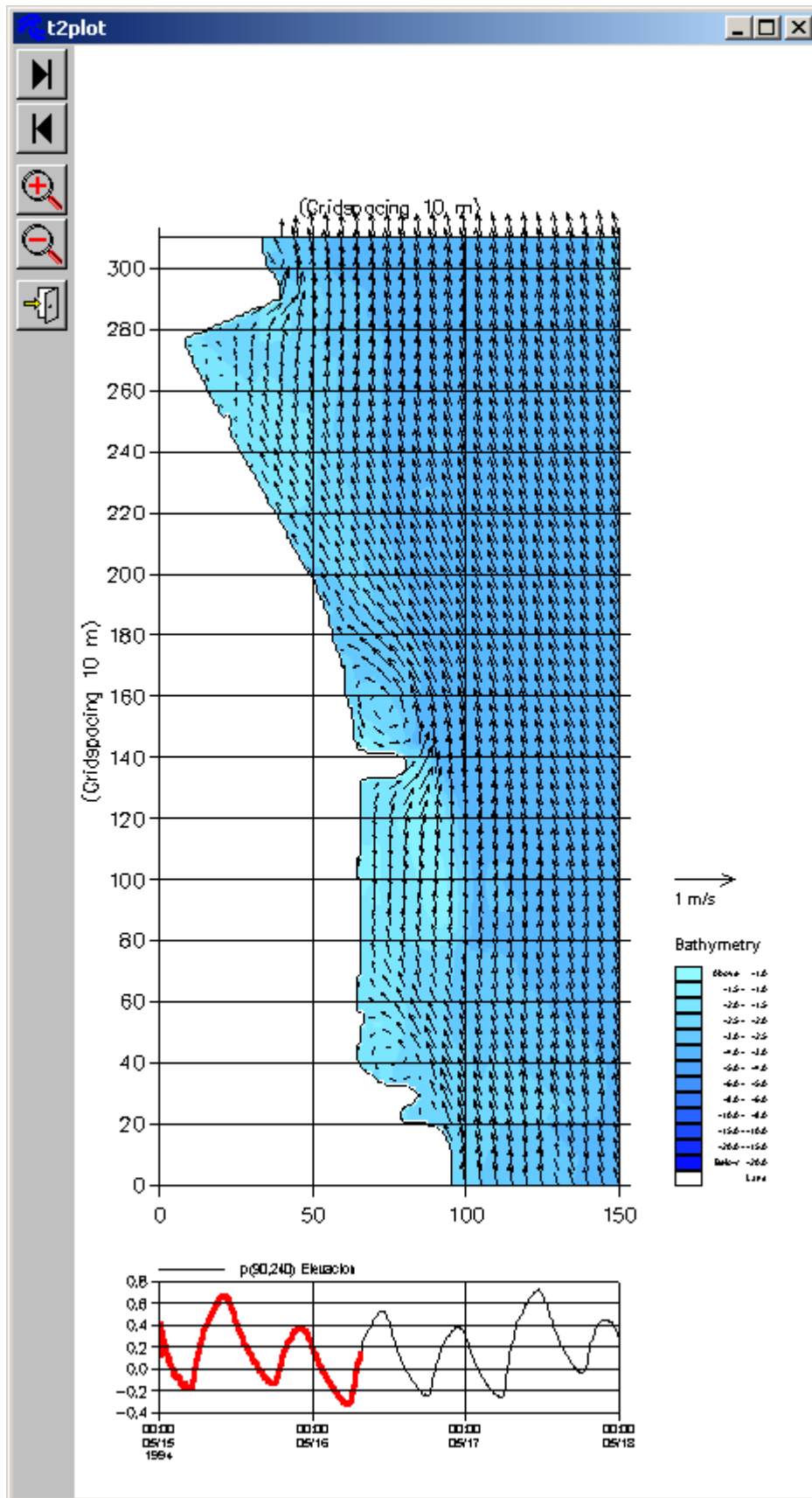
**Figura 33. Velocidades en puntos cercanos a la costa en el tramo central del relleno – Condición de mareas normal**



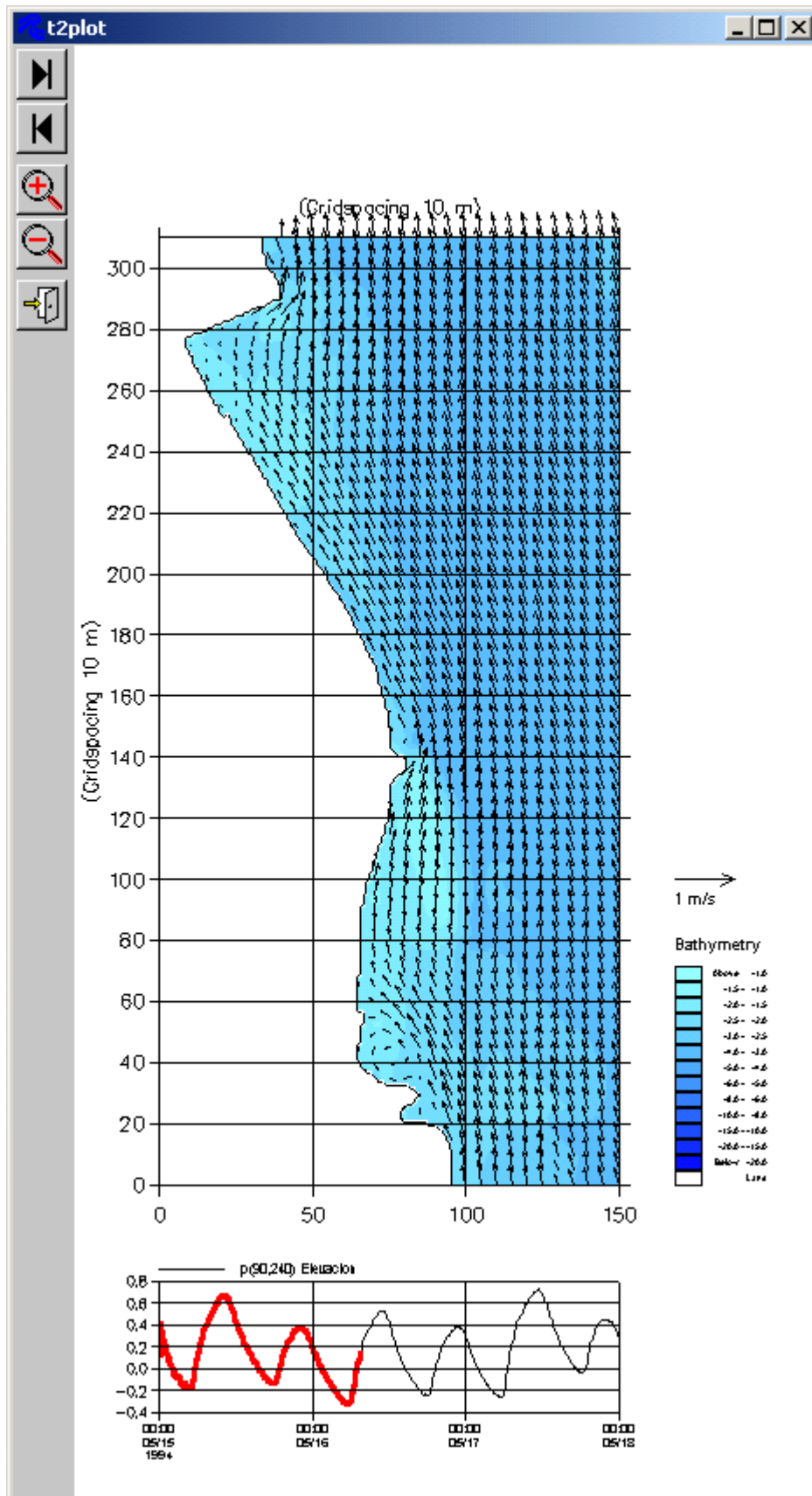


**Figura 34. Velocidades en puntos cercanos a la costa en el tramo central del relleno – Condición de mareas sudestada**

A modo de ejemplo se muestran algunos campos de velocidades representativos de las situaciones sin proyecto (actual) y con proyecto, para condiciones de marea normales y sudestada.



**Figura 35. Campo de velocidades - Condición de mareas normal – Situación sin proyecto**



**Figura 36. Campo de velocidades - Condición de mareas normal – Situación con proyecto**

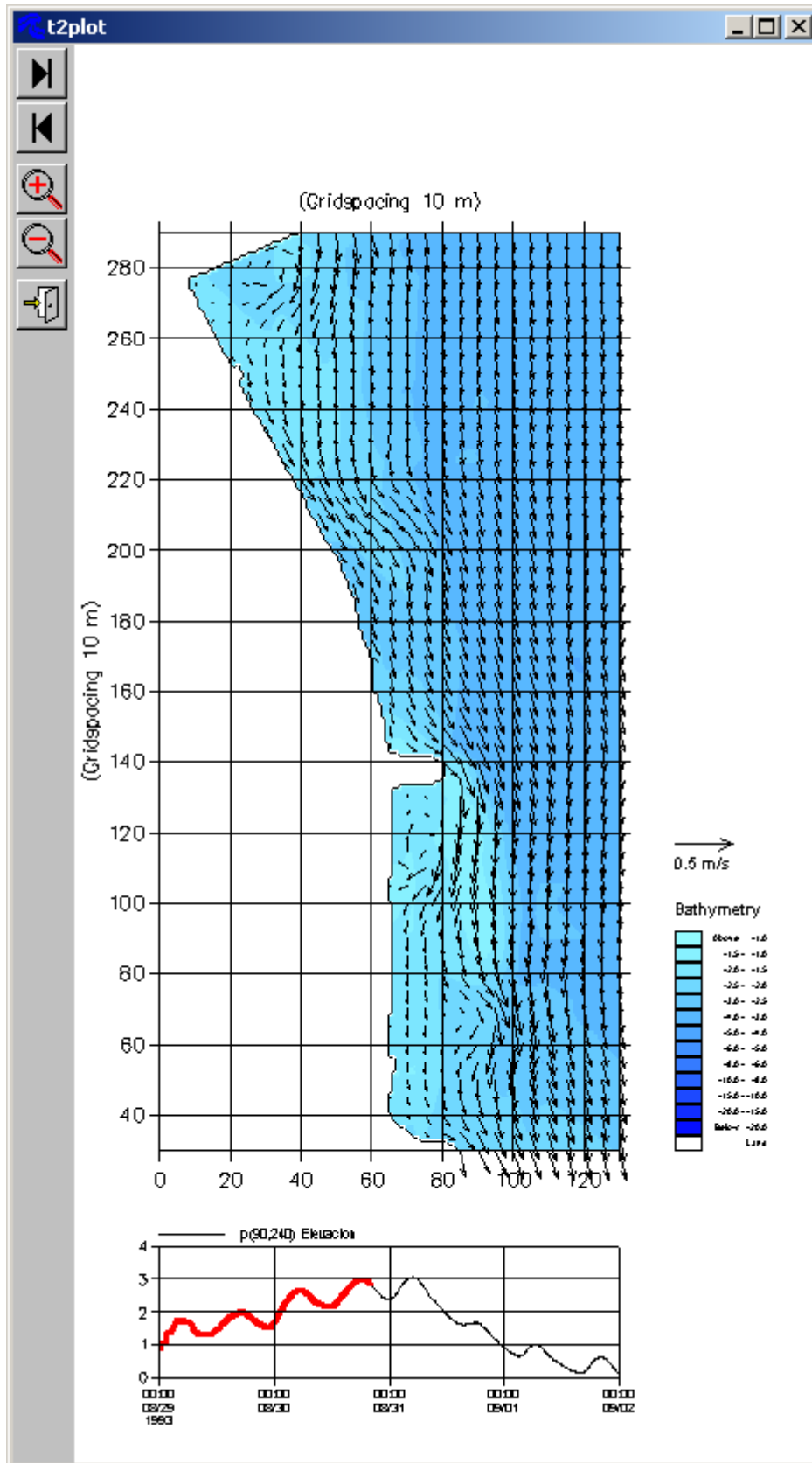


Figura 37. Campo de velocidades - Condición de mareas sudestada – Situación sin proyecto

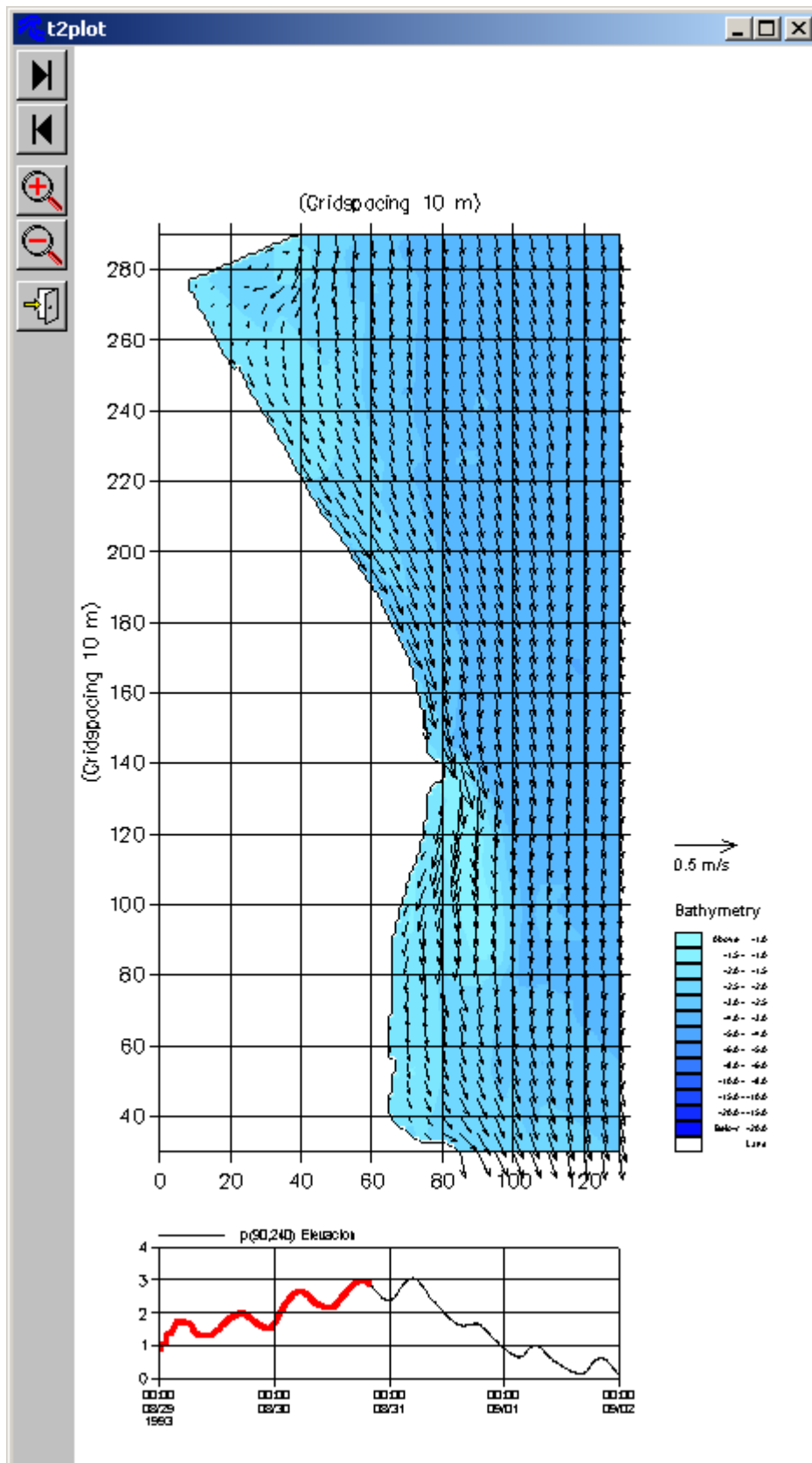


Figura 38. Campo de velocidades - Condición de mareas sudestada – Situación con proyecto

Las velocidades máximas se observan en situación de sudestada, con valores de hasta 0,65 m/s, mientras que en situación de viento y marea normal, las velocidades no superan los 0,45 m/s.

Se observa además que las velocidades al norte de la península son mayores que al sur, lo cual es compatible con la conformación batimétrica encontrada en cuanto a que en este sector sur se localiza una zona de menor profundidad, lo que manifiesta que allí se tienen condiciones más propensas a la sedimentación.

Asimismo se observa de los resultados, la mayor irregularidad en el campo de corrientes cuando actúan vientos fuertes, en particular sobre zonas de baja profundidad, donde el efecto de los vientos se hace más marcado, modificando tanto las corrientes de marea como su dirección.

Por otra parte se analizó el campo de corrientes cuando se produce la descarga del A° Maldonado. Este conducto se ubica en la zona de relleno a materializar, por lo que el mismo deberá prolongarse hasta el nuevo límite costero.

Para la modelación se consideró una situación extrema en que el A° Maldonado descarga un caudal de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , equivalente a su máxima capacidad de erogación. La Figura 39 y Figura 40 ilustran sobre el campo de velocidades resultante cuando la descarga se superpone a distintas condiciones de marea.



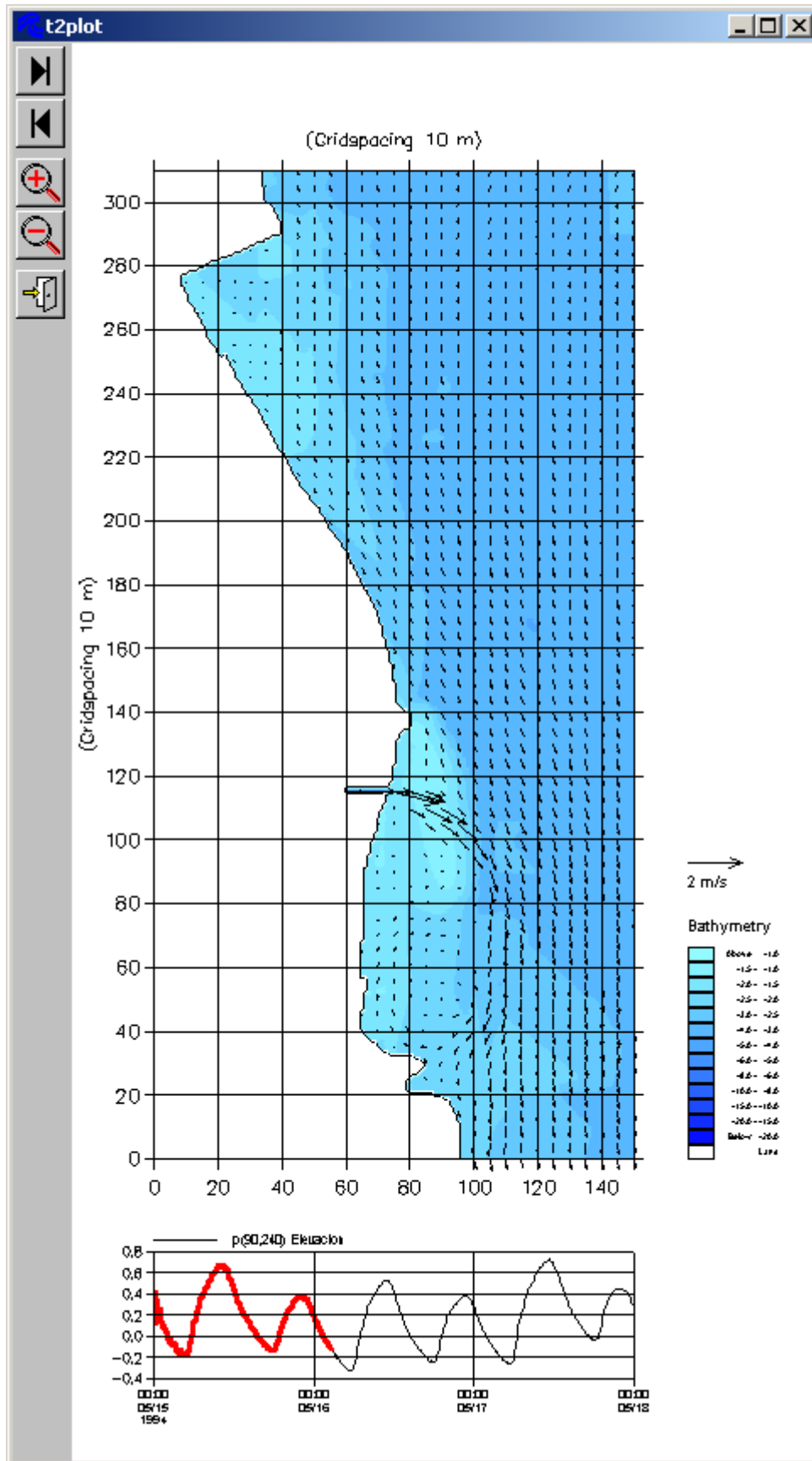


Figura 39. Campo de velocidades - Condición de mareas normal – Situación con proyecto y descarga A° Maldonado

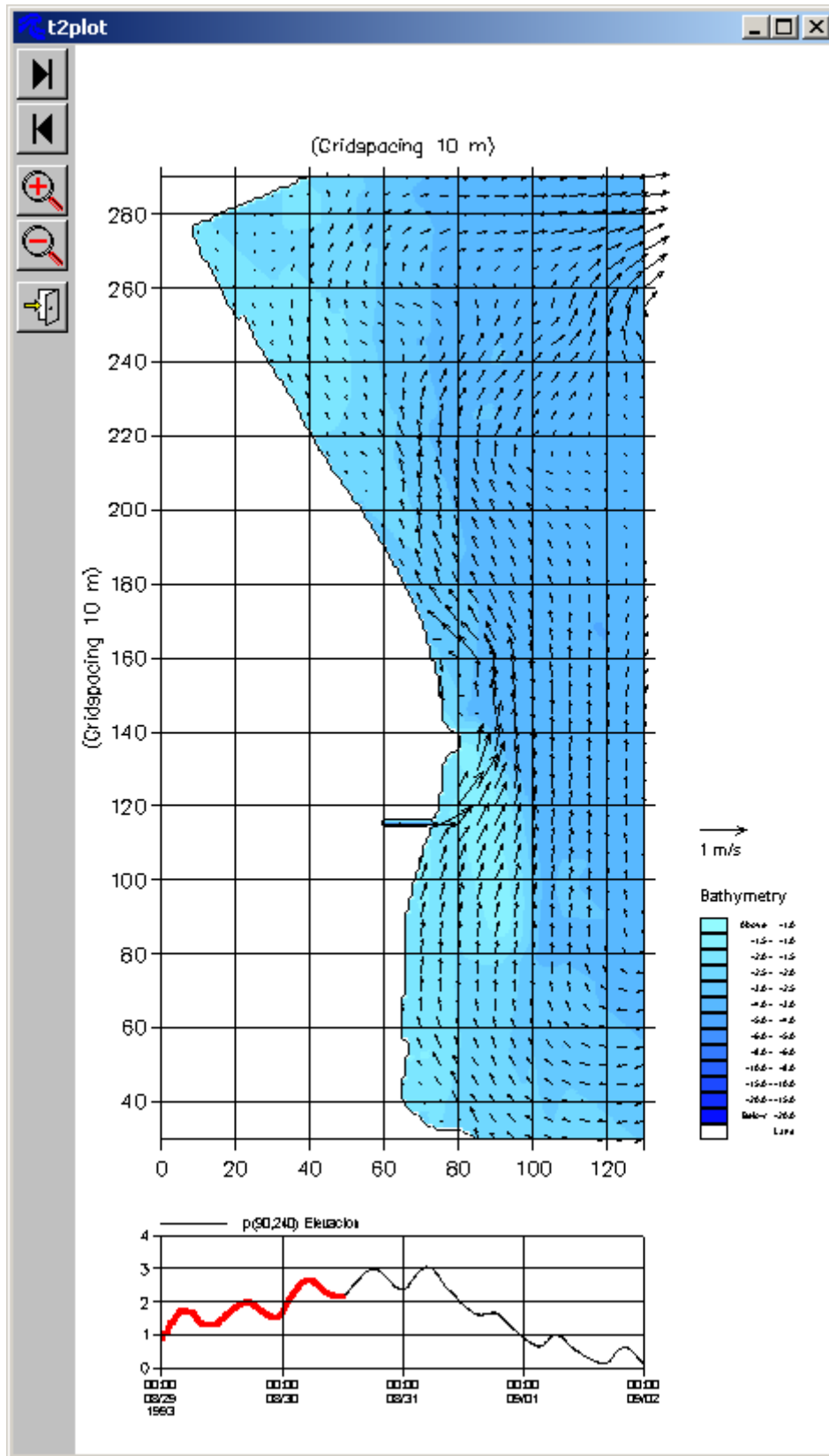
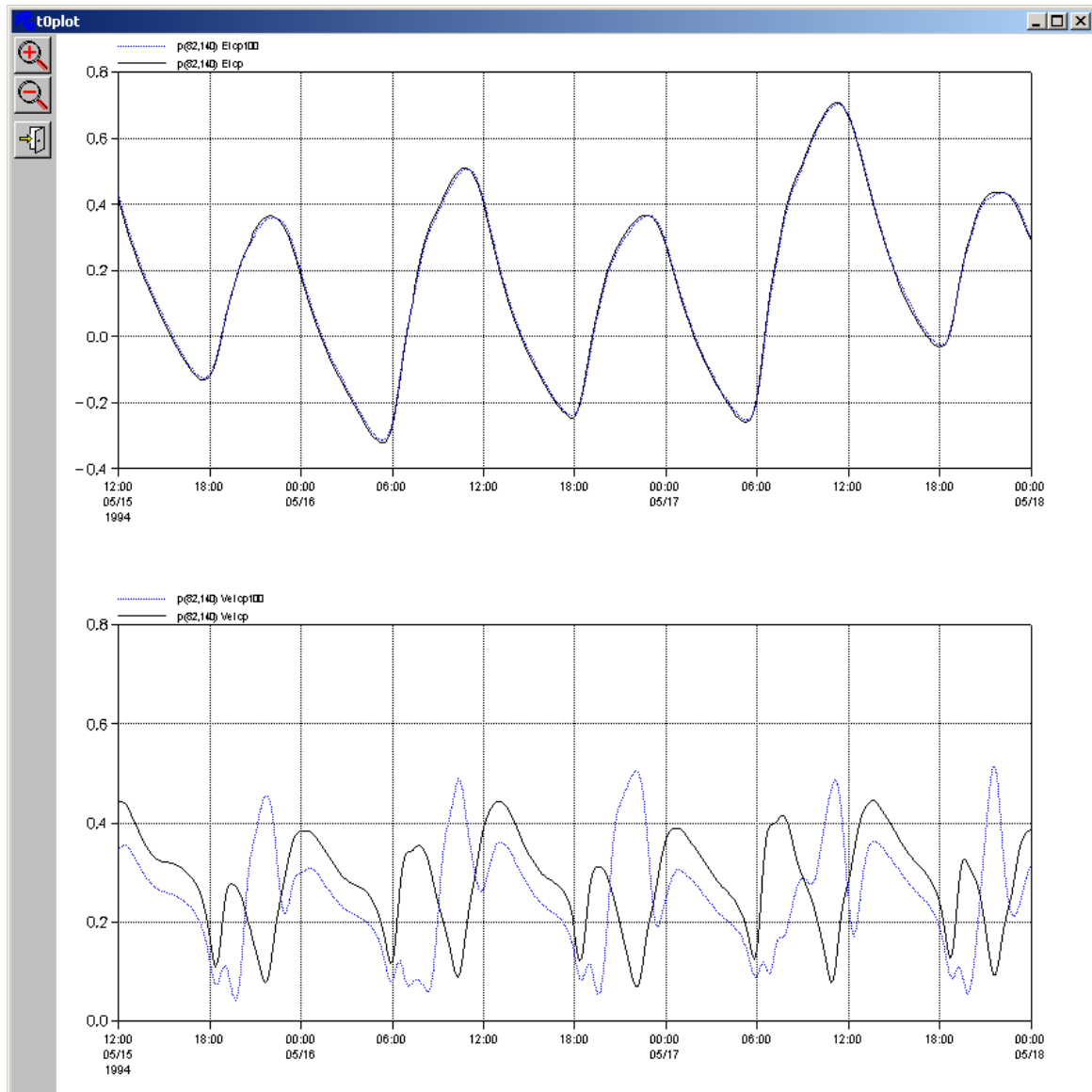


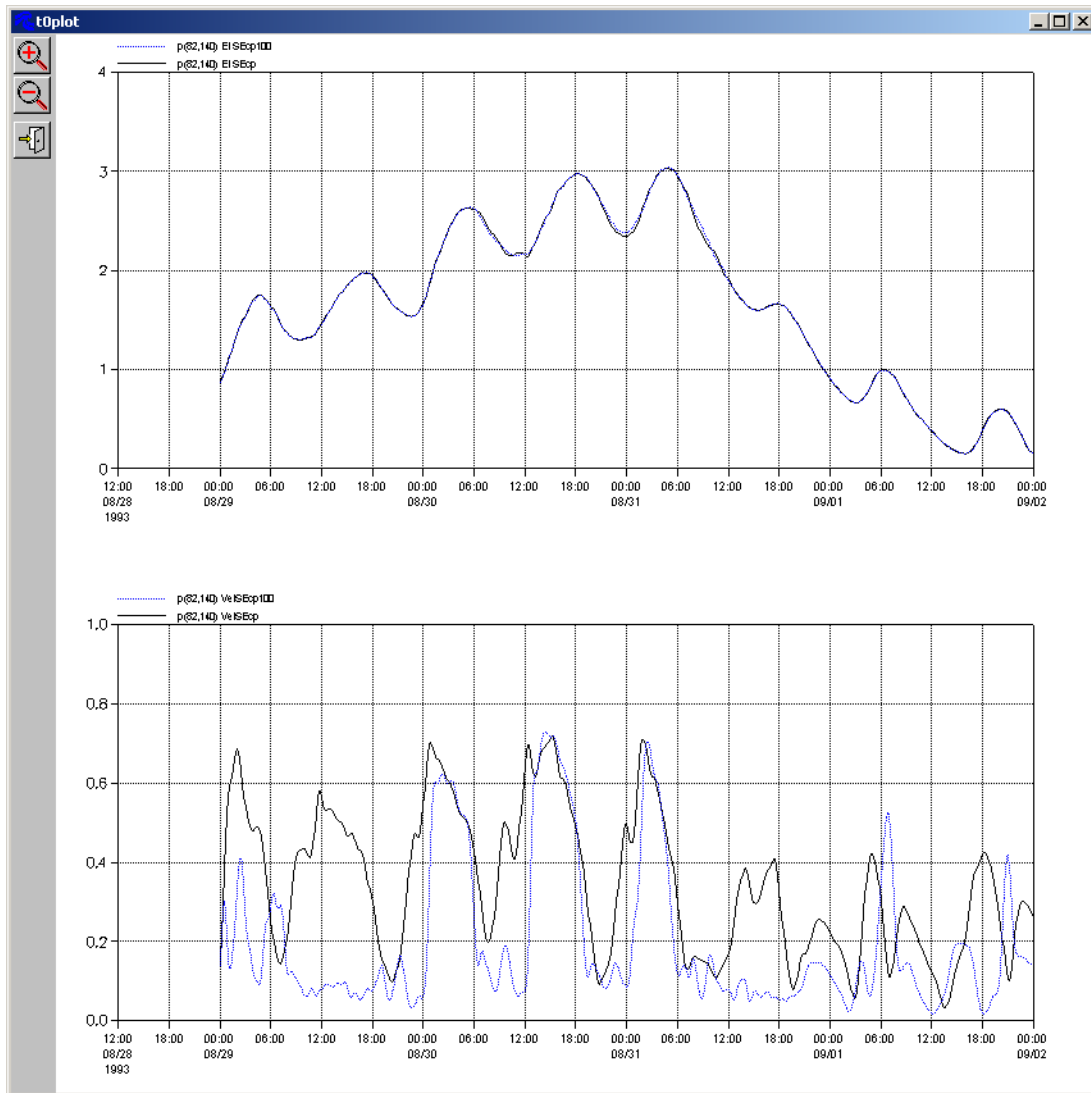
Figura 40. Campo de velocidades - Condición de mareas suddestada – Situación con proyecto y descarga A° Maldonado

Asimismo, en las Figura 41 y Figura 42 se muestra la magnitud de las velocidades alcanzadas en un punto central del tramo bajo estudio, considerando las situaciones con y sin superposición de la descarga del A° Maldonado.

En primer lugar se observa que salvo en las cercanías de la descarga, no se producen cambios sustanciales en los picos de velocidad. Por otro lado, puede verse que las modificaciones en el punto analizado, son más importantes para el caso que la descarga se superpone a un campo de corrientes de marea normal (con vientos leves o nulos), mientras que su efecto sobre las velocidades de pico son menos notorias cuando el campo de corrientes de marea es más fuerte (caso de sudestada).



**Figura 41. Niveles y velocidades afectadas con y sin presencia de la descarga del A° Maldonado - Condición de mareas normal**



**Figura 42. Niveles y velocidades afectadas con y sin presencia de la descarga del A° Maldonado - Condición de mareas sudestada**

## 5. OLAS

En relación al oleaje, teniendo en cuenta que el objetivo es obtener condiciones extremas para el diseño, se recurre a determinaciones antecedentes disponibles para la zona y se aplican técnicas de hindcasting, esto es la obtención de las características del oleaje a partir de las condiciones viento. El campo de oleaje es caracterizado por los parámetros de altura y período.

### 5.1 Clima de Olas

En general, las olas de periodo largo proceden de aguas profundas del Océano Atlántico en dirección sudeste, estas ingresan al Río de la Plata, se refractan, rompen y se disipan a medida que se propagan hacia el interior debido a la poca profundidad del mismo, por lo que, en la zona costera en que se desarrolla el proyecto, se considera que el oleaje principal del río es generado localmente sobre la superficie de este por efecto del viento.

En este caso, las direcciones que mayor distancia ofrecen para la generación del oleaje son Este y Sudeste.

En primer lugar se indican algunos resultados de determinaciones de olas obtenidas del análisis de antecedentes y luego se presentan las estimaciones realizadas en el presente estudio en base al tratamiento de datos de viento en la estación Aeroparque.

#### 5.1.1 Frecuencia de ocurrencia de olas sobre el canal Emilio Mitre (Km. 14)

EIH, realizó en 1985 un estudio sobre los antecedentes del canal Ing. Emilio Mitre. En él se realiza una determinación de altura y período de las olas en distintos puntos localizados sobre el Canal Emilio Mitre. En este estudio los cálculos fueron realizados aplicando el método SMB (Sverdrup-Munk-Bretchsneider) para aguas poco profundas con una estadística de vientos de la estación de Aeroparque comprendida entre 1961 y 1980 (20 años). Del mismo se extrae la información correspondiente al punto de cálculo ubicado sobre el km 14 del Canal Emilio Mitre que se presentan en la Tabla 16, donde se indica la frecuencia de ocurrencia de las olas según dirección y rangos de alturas significativa.

Frecuencia de dirección de oleaje					
Dirección	Altura de Ola significativa Hs (m)				Total
	0.1 - 0.4	0.4 - 0.8	0.8 - 1.2	> 1.2	
N	6.24%	7.44%	0.14%	0.0%	13.82%
NE	6.32%	5.49%	1.18%	0.0%	12.99%
E	5.15%	4.88%	2.49%	0.0%	12.55%
SE	2.09%	3.95%	5.87%	0.9%	12.84%
S	2.40%	5.50%	2.43%	0.1%	10.41%
SW	3.00%	4.56%	0.97%	0.0%	8.55%
W	2.16%	2.59%	0.65%	0.0%	5.40%
NW	3.08%	4.61%	0.44%	0.0%	8.13%
<b>Calma</b>					15.31%

Tabla 16. Porcentaje de ocurrencia de olas por dirección y altura significativa en el Canal Emilio Mitre. km 14. (EIH - 1985)

De igual manera se muestra de manera gráfica en la Figura 43 la frecuencia total de incidencia del oleaje y en la Figura 44 el porcentaje de frecuencia por rango de altura.

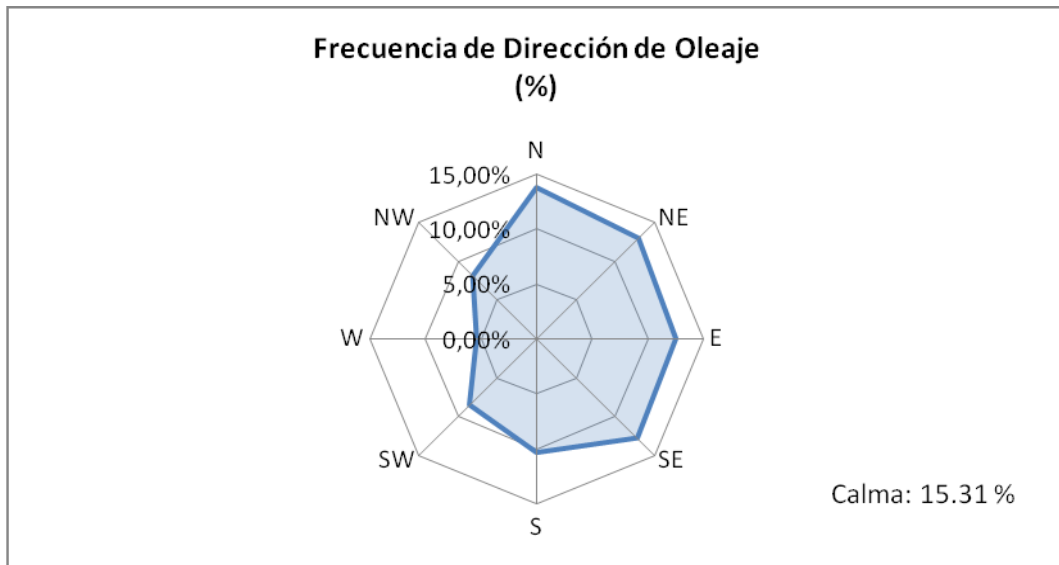


Figura 43. Frecuencia de dirección de oleaje del Canal Emilio Mitre. km 14. (EIH - 1985)

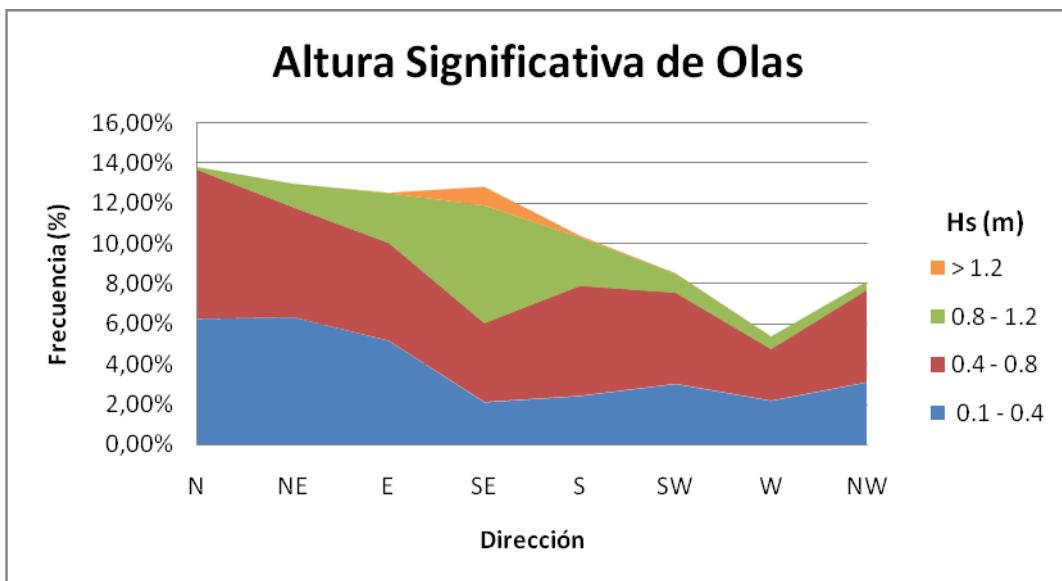


Figura 44. Frecuencia de dirección y altura significativa de oleaje del Canal Emilio Mitre. km 14. (EIH - 1985)

En síntesis, los datos tabulados muestran que las olas del Sur y Sureste son levemente dominantes en frecuencia. En general la altura significativa se incrementa al pasar de Norte a Sureste y disminuye nuevamente de Sureste hacia el Oeste y Noroeste.

Del estudio antes referido, se desprende que las olas de mayor altura ( $H_s=1.6$  m) y consecuentemente mayor periodo ( $T= 5.8$  s) provienen del sector SE, que es el sector en el cual el viento tiene además su mayor efecto en relación a la sobre elevación de niveles de agua. Surge también de dicho estudio que el 95% de las olas son menores de 1.1 m y el 50% de ellas son inferiores a 0.5 m

Punto I	km 14
	I
Frecuencia (%), Hs>0.5 m	43.91
Frecuencia (%), Hs>1.0 m	5.46
Frecuencia (%), Hs>1.5 m	0.085
Dirección más frecuentes	N
Dirección de ola mas alta	SE
Rango de Hs más frecuente	0.4 - 0.6
Rango de Ts (s) más frecuente	2 - 3
Altura significativa media Hs (m)	0.54
Periodo significativo medio Ts (s)	2.8
Frecuencia % de calma	15.3

## 5.2 Análisis de vientos extremos

Para el análisis de viento incidente sobre el oleaje, se tomaron datos horarios de velocidad de viento y dirección correspondiente a la estación Aeroparque, operada por el Servicio de Meteorología Nacional en el periodo comprendido entre 01 de Enero del año 2000 y el 31 de Diciembre del año 2016.

En particular se busca identificar vientos extremos y su asociación con los tiempos de recurrencia. En la generación de olas intervienen en forma dominante tres parámetros principales, a saber, la intensidad (velocidad) del viento sobre una determinada dirección; la duración del mismo y la distancia sobre la cual el viento ejerce su acción.

Para la definición de los primeros parámetros de intensidad y duración del viento asociado a cada dirección, se realizó el procesamiento estadístico de los datos disponibles. Para dicho análisis se utilizó la función de distribución de probabilidad de Gumbel, mediante el cual es posible obtener los valores extremos de vientos asociados a periodos de retorno (de 2 a 100 años). El análisis fue realizado además considerando las velocidades promedio del viento según distintas duraciones.

Se realizó además una determinación de ajuste por medio de pruebas de bondad conocidas como el coeficiente de determinación  $R^2$  y el test Kolmogorov-Smirnov, de amplia utilización y aceptación. En el caso de la determinación del coeficiente  $R^2$ , se entiende que los datos con valor mayor a 0.9, son considerados muy buenos.

Para el caso que nos concierne, solo se tendrán en cuenta los vientos provenientes de las direcciones N, NE, E, y SE teniendo en cuenta que son las direcciones de exposición costera y por lo tanto capaz de recibir oleaje, tal como se muestra en la Figura 45:





**Figura 45. Dirección de incidencia del viento sobre la costa**

Si bien sobre la dirección NW existe un frente costero por medio del cual puede recibir oleaje proveniente de esta dirección, también es cierto que esta se encuentra limitada superficialmente, por lo que el Fetch efectivo será mucho menor que cualquiera de las mostradas en el gráfico anterior, por este motivo no se tendrá en cuenta para los efectos del cálculo de fetch y altura de ola.

Posteriormente se realizó la identificación de los eventos de intensidad máxima anual para duraciones de 3hs, 6hs, 9hs y 12 hs, maximizando en cada caso la sumatoria de datos continuos según cada duración analizada.

Finalmente, sobre el conjunto de datos organizados por dirección y duración se aplicó una ley de distribución de eventos extremos con la cual se correlacionaron los valores de intensidad / duración con la recurrencia. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3, donde a su vez se presentan las pruebas de bondad estadística anteriormente que le dan mayor validez al resultado:

**Duración: 3 horas**

**Velocidad del viento (Km/h)**

Parámetros Estadísticos					Periodo de Retorno (Años)					
Dirección	$R^2$	K-S			2	5	10	25	50	100
		Dt	Dc	Resultado						
N	0.94	0.318	0.111	Acepta	44.6	55.1	62.0	70.7	77.2	83.6
NE	0.96	0.318	0.126	Acepta	32.3	38.3	42.4	47.5	51.2	55.0
E	0.91	0.318	0.123	Acepta	47.24	51.12	53.69	56.94	59.35	61.74
SE	0.94	0.318	0.136	Acepta	42.94	47.35	50.27	53.95	56.69	59.41

**Duración: 6 horas**

**Velocidad del viento (Km/h)**

Parámetros Estadísticos					Periodo de Retorno (Años)					
Dirección	$R^2$	K-S			2	5	10	25	50	100
		Dt	Dc	Resultado						
N	0.98	0.318	0.080	Acepta	32.7	36.7	39.4	42.7	45.2	47.6
NE	0.96	0.318	0.104	Acepta	26.9	33.6	38.0	43.6	47.7	51.8
E	0.89	0.318	0.195	Acepta	41.3	46.9	50.6	55.3	58.8	62.2
SE	0.94	0.318	0.132	Acepta	36.7	42.5	46.4	51.3	54.9	58.5

**Duración: 9 horas**

**Velocidad del viento (Km/h)**

Parámetros Estadísticos					Periodo de Retorno (Años)					
Dirección	R <sup>2</sup>	K-S			2	5	10	25	50	100
		Dt	Dc	Resultado						
N	0.95	0.318	0.132	Acepta	27.7	32.9	36.4	40.7	44.0	47.2
NE	0.95	0.318	0.117	Acepta	21.3	28.6	33.5	39.7	44.3	48.8
E	0.89	0.318	0.194	Acepta	37.2	45.0	50.2	56.8	61.7	66.5
SE	0.92	0.318	0.146	Acepta	32.1	39.5	44.3	50.5	55.0	59.6

**Duración: 12 horas**

**Velocidad del viento (Km/h)**

Parámetros Estadísticos					Periodo de Retorno (Años)					
Dirección	R <sup>2</sup>	K-S			2	5	10	25	50	100
		Dt	Dc	Resultado						
N	0.96	0.318	0.134	Acepta	25.6	30.4	33.6	37.7	40.7	43.7
NE	0.93	0.318	0.172	Acepta	15.0	24.2	30.3	38.0	43.7	49.3
E	0.87	0.318	0.234	Acepta	35.1	43.0	48.2	54.8	59.7	64.4
SE	0.92	0.318	0.174	Acepta	28.1	39.3	46.6	56.0	62.9	69.7

**Tabla 17. Intensidad del viento (Km/h) según duración para distintas direcciones**

### 5.3 Determinación del Fetch

Para el cálculo del Fetch efectivo se ha utilizado el método Saville - Mc Clendon - Cochran, que consiste en medir la longitud entre costa y costa en la dirección del viento y los segmentos de recta en un haz de 5° medidos a partir del punto de cálculo, a cada lado de dicha dirección hasta 45°, utilizando la siguiente fórmula:

$$F_e = \frac{\sum l_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$

Dónde:

$F_e$  = Fetch efectivo

$\alpha_i$  = Ángulo de dirección del viento con respecto al ángulo dominante

$l_i$  = Distancia de la dirección de incidencia del viento

En la Figura 46, se muestra la metodología utilizada para calcular el Fetch efectivo por cada una de las direcciones que se tuvieron en cuenta (N, NE, E y SE):



**Figura 46. Fetch efectivo direcciones N, NE, E, S**

En la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos de la determinación del Fetch efectivo para cada una de las direcciones tenidas en cuenta:

	Dirección			
	Norte	Noreste	Este	Sureste
<b>Fetch Efectivo</b>	32.67 km	56.36 km	133.27 km	90.92 km

**Tabla 18. Resultados del Fetch efectivo por direcciones**

De acuerdo con los resultados obtenidos, la dirección más desfavorable para la generación de olas son aquellos que se originan en el cuadrante ESTE, debido a la prolongada superficie de agua expuesta al viento.

Por otra parte, para categorizar el grado de exposición de la costa con respecto a cada una de las direcciones tenidas en cuenta se procede a calcular el fetch modificado de la siguiente manera:

$$F_m = \frac{\cos(45^\circ) \cdot F_{45^\circ \text{ Izq}} + \cos(0^\circ) \cdot F_{0^\circ} + \cos(45^\circ) \cdot F_{45^\circ \text{ Der}}}{\cos(45^\circ) + \cos(0^\circ) + \cos(45^\circ)}$$

Dónde:

$F_m$  = Fetch modificado

$F_{45^\circ \text{ Izq}}$  = Fetch 45° de la dirección normal – lado Izquierdo

$F_{45^\circ \text{ Der}}$  = Fetch 45° de la dirección normal – lado Derecho

$F_{0^\circ}$  = Fetch en la dirección normal

En la Tabla 19 se muestran los resultados obtenidos de la determinación del Fetch modificado así como también el fetch máximo para cada una de las direcciones tenidas en cuenta:

	Dirección			
	Norte	Noreste	Este	Sureste
<b>Fetch máximo</b>	57.44 km	140.58 km	500 km	500 km
<b>Fetch modificado</b>	29.47 km	70.05 km	72.81 km	41.65 km

**Tabla 19. Fetch máximo y Fetch modificado**

Una vez obtenidos los resultados del fetch modificado se procede entonces a hacer la relación entre el fetch máximo y el fetch modificado de acuerdo con la tabla de referencia de exposición costera del *Columbia Environmental Research Center* (CERC)

Fetch Máximo (km)	Fetch modificado (km)				
	< 1 km	1 - 10 km	10 - 50 km	50 - 500 km	> 500 km
< 10 km	Muy Protegida	Protegida	N/A	N/A	N/A
10 - 50 km	N/A	Semi - Protegida	Semi - Protegida	N/A	N/A
50 - 500 km	N/A	Semi - Expuesta	Semi - Expuesta	Semi - Expuesta	N/A
> 500 km	N/A	N/A	Semi - Expuesta	Expuesta	Expuesta

**Tabla 20. Grado de referencia de exposición costera – CERC**

Finalmente, se muestra el grado de exposición costero para cada una de las direcciones tenidas en cuenta

	Dirección			
	Norte	Noreste	Este	Sureste
<b>Grado de Exposición</b>	Semi - Expuesta	Semi - Expuesta	Expuesta	Semi - Expuesta

**Tabla 21. Grado de exposición costera**

#### 5.4 *Calculo de la altura de ola incidente al área de estudio*

Para el cálculo de la altura de ola, se aplicó la técnica de generación de olas a partir de datos de vientos en base a los métodos de uso habitual documentados en el Coastal Engineering Manual del Corp of Engineering de los Estados Unidos (USACOE).

Del análisis extremal de vientos expuestos anteriormente se obtienen pares de valores de intensidad (Km/h) y duración (horas). El tercer parámetro requerido es el fetch o distancia de generación, es decir aquella longitud donde se supone el viento está soplando con una intensidad y duración determinada, el cual fue determinado el punto anterior para las diferentes direcciones de incidencia.

La combinación de estos factores hace que el crecimiento de la ola durante su generación pueda estar limitado por fetch o por duración. Asimismo la profundidad del lugar es también una limitante que controla dicho crecimiento.

Los resultados que caracterizan el oleaje incidente son la altura y período de la ola, cuyos valores se presentan en la Tabla 22, evaluadas para recurrencias de 2 años y 100 años y considerando las duraciones desde 3 a 12 horas. Asimismo, en dicha tabla se han reconocido los pares de valores de H y T de mayor significancia para cada dirección.

	<b>Duración: 3 horas</b>		<b>Duración: 6 horas</b>		<b>Duración: 9 horas</b>		<b>Duración: 12 horas</b>	
<b>R: 002 Años</b>								
<b>Dirección del viento</b>	T [s]	H [m]	T [s]	H [m]	T [s]	H [m]	T [s]	H [m]
<b>N</b>	3.0	0.73	3.7	0.82	3.4	0.68	3.3	0.62
<b>NE</b>	2.5	0.46	3.2	0.60	3.8	0.67	3.3	0.46
<b>E</b>	3.1	0.79	4.1	1.09	4.7	1.28	5.4	1.46
<b>SE</b>	2.9	0.69	3.8	0.92	4.3	1.04	4.9	1.15
<b>R: 100 Años</b>								
<b>Dirección del viento</b>	T [s]	H [m]	T [s]	H [m]	T [s]	H [m]	T [s]	H [m]
<b>N</b>	4.4	1.82	4.2	1.25	4.2	1.23	4.1	1.13
<b>NE</b>	3.4	0.98	4.6	1.51	5.1	1.68	5.1	1.71
<b>E</b>	3.6	1.16	5.2	1.97	6.6	2.95	7.6	3.58
<b>SE</b>	3.6	1.10	5.0	1.80	6.5	2.70	6.9	3.25

**Tabla 22. Altura y Período de las Olas incidentes al área de estudio**

## 6. CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS

---

Esta tarea tiene por objeto recolectar información sobre calidad del agua y los suelos que conforman el lecho del río a los efectos de contribuir a la línea base ambiental.

En particular y como parte del presente trabajo se realiza un muestreo de agua y sedimentos y una serie de análisis de laboratorio para identificar la calidad del agua y los sedimentos en la zona de ejecución de los rellenos, elementos que sirven a la conformación de la línea de base ambiental para el proyecto.

Los resultados se presentan en el **Anexo B: Resultados de Análisis de Laboratorio sobre muestras de Agua y Sedimentos de Fondo**.

### 6.1 Muestreo de Sedimentos

---

El día 16 de Febrero de 2017 se llevó a cabo un muestreo de sedimentos de fondo, consistente en la obtención de 5 muestras distribuidas en el frente costero.

El mismo fue realizado desde un bote con motor fuera de borda y las muestras fueron obtenidas utilizando una draga tipo snapper.



*Figura 47. Toma de muestra de sedimentos del lecho*

La toma de muestras fue realizada en las ubicaciones indicadas en la Tabla 23 y en la Figura 48:

<b>Muestreo De Agua Aeroparque</b>			
ID	Fecha	Hora	Posición
M1	16/02/2017	12:00	34° 33' 3.8" S 58° 24' 56.3" W
M2	16/02/2017	12:25	34° 33' 11.8" S 58° 24' 56.3" W
M3	16/02/2017	12:50	34° 33' 20.8" S 58° 24' 31.2" W
M4	16/02/2017	13:15	34° 33' 25.9" S 58° 24' 24.5" W
M5	16/02/2017	13:40	34° 33' 37.5" S 58° 24' 11.5" W

**Tabla 23. Coordenadas de Muestreo de Agua**



**Figura 48. Ubicación de Muestreo de Agua**

Las muestras fueron debidamente envasadas, rotuladas y preservadas hasta su envío a laboratorio para los análisis correspondientes.

**Figura 49. Altura de Marea 16/02/2017- Puerto de Buenos Aires (SHN)**

Sobre las muestras de sedimentos enviadas al Laboratorio se realizan los siguientes análisis:

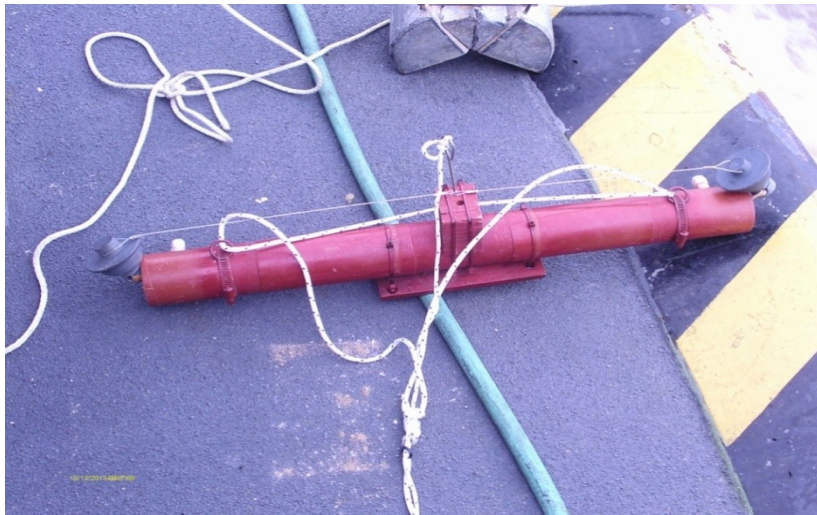
- Metales pesados: Plomo y Cromo
- Materia Orgánica
- Granulometría de sedimentos (Proporciones arena/limo/arcilla)



## 6.2 Muestreo de Agua

El muestreo de aguas fue realizado el día 17 de Marzo del presente año, conjuntamente con el relevamiento batimétrico. Las muestras fueron recolectadas en los mismos sitios en que se ejecutó el muestreo de sedimentos de fondo

El muestreo de agua fue realizado utilizando botellas tipo Niskin



**Figura 50. Botella tipo Niskin.**

Sobre las muestras a obtener se realizarán los siguientes análisis:

- Temperatura
- pH
- Conductividad eléctrica (Salinidad)
- Oxígeno disuelto
- DBO (contenido de Materia Orgánica)
- Material sólido en suspensión
- Turbiedad
- Fósforo total
- Nitrógeno total
- Amonio
- Nitritos
- Nitratos
- Bacteriológico (Coliformes fecales)

Los resultados de laboratorio de las muestras de agua y suelo, se presentan en el

## 7. GEOTECNIA

Las investigaciones geotécnicas consisten en la ejecución de perforaciones y ensayos de laboratorio sobre las muestras de suelo obtenidas.

En virtud de la incorporación al proyecto de relleno de una Playa de automóviles subterránea, se prevén realizar dos grupos de estudios geotécnicos, a saber:

- 6 Estudios geotécnicos ejecutadas desde el borde costero, de 20 metros de profundidad bajo el lecho del río. En este caso se trabaja desde una plataforma en voladizo hecha firme en tierra. Las perforaciones se realizan en forma manual.

- 3 Estudios geotécnicos adicionales ejecutados río adentro, a 25/30 metros desde el borde de la costanera actual. Estos serán realizados también en forma manual, trabajando desde una plataforma especialmente construida a este fin, movilizada y posicionada mediante el auxilio de una grúa de gran porte y pluma con alcance suficiente para alcanzar los puntos de muestreo previstos. Estas perforaciones adicionales surgen a partir de las modificaciones presentadas por ORSNA en relación a la construcción de estacionamientos subterráneos en la zona de relleno, lo que implica la necesidad de ampliar el conocimiento de las características del terreno de fundación de tales obras. En tal sentido, la profundidad prevista para estas perforaciones es de 30 metros por debajo del lecho del río.

En la Figura 51 se indican esquemáticamente las posiciones de las perforaciones.



**Figura 51. Posición de perforaciones**

En cada perforación se toman muestras representativas de los suelos del lugar y se realizan ensayos SPT (Ensayo de penetración estándar).

En laboratorio se realizan los siguientes ensayos sobre muestras seleccionadas:

- Ensayos para clasificación según el Sistema Unificado. Humedad natural, Límite líquido, Límite plástico, Granulometría, Peso específico.
- Ensayos de compresión triaxiales rápidos.
- Ensayos de consolidación simples.
- Determinaciones químicas para agresividad al hormigón.

En el **Anexo C: Estudio Geotécnico** se presenta el Informe Técnico correspondiente conteniendo el detalle de las tareas ejecutadas y los resultados de laboratorio. Se agregan también fotografías ilustrativas de los trabajos.

## **8. RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO EJECUTIVO**

---

En **el Anexo D Recomendaciones para el Proyectos** se desarrolla una síntesis de los resultados obtenidos en cada una de las disciplinas realizadas, tales como, recopilación y análisis de información, los trabajos de campo (topografía y geotecnia) y los estudios hidrodinámicos y de oleaje pertinentes, así como los resultados de los estudios geotécnicos adicionales para contemplar la construcción de un estacionamiento subterráneo, en base a los cuales se realizarán recomendaciones que sean de utilidad para la realización del proyecto ejecutivo.

Este análisis estará ligado principalmente a las obras de cierre de los recintos de relleno, la prolongación del conducto del entubamiento del Maldonado y el tipo de protección a implementar frente a la acción de corrientes y principalmente de olas. Si fuera el caso los análisis se apoyarán en croquis o esquemas conceptuales de las obras.

Asimismo se indicarán las necesidades de profundización de estudios y alcance de los proyectos a realizar sobre los distintos componentes de las obras.

# **ANEXO A**

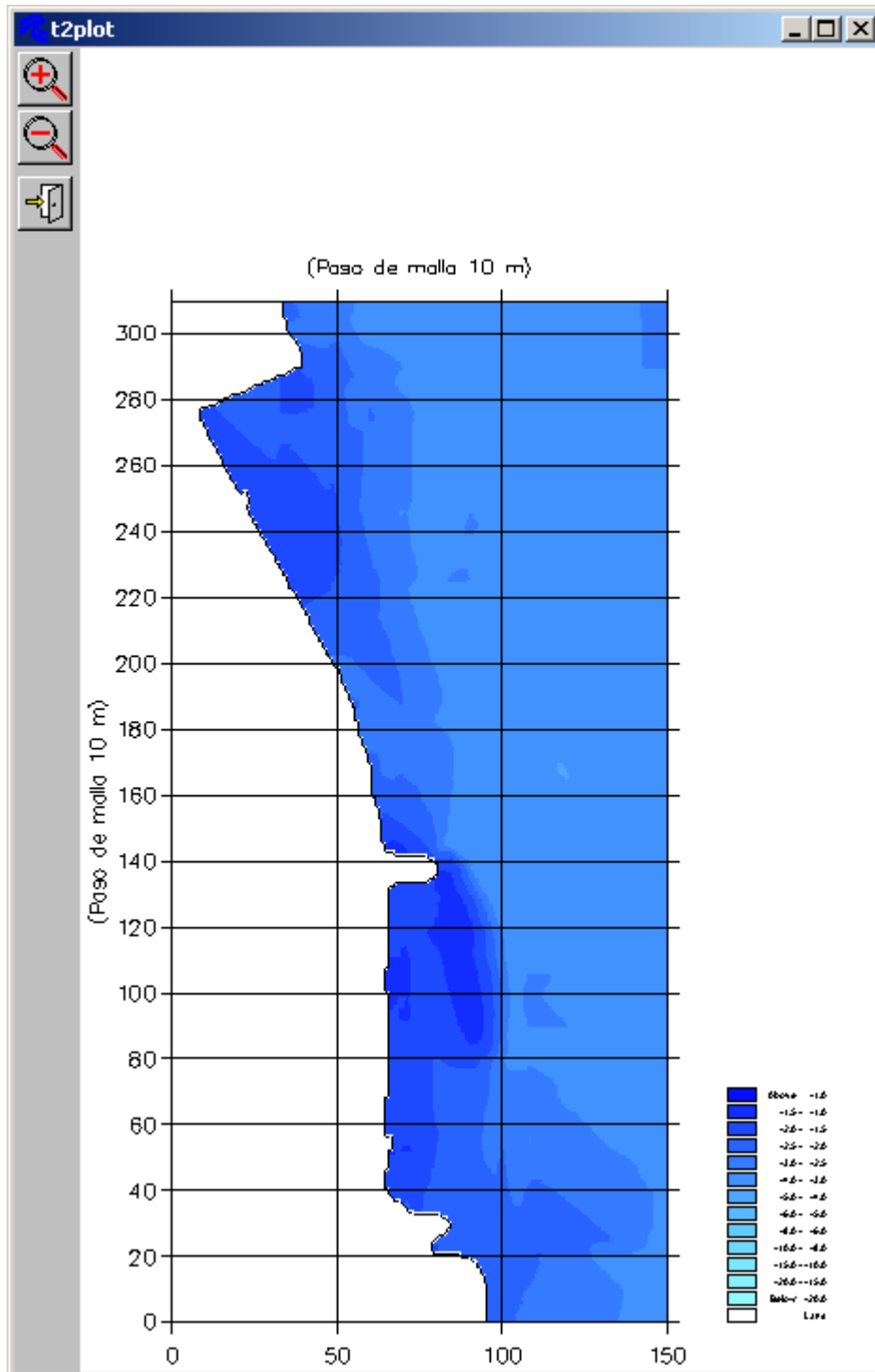
## **SALIDAS MODELACION HIDRODINAMICA**

INDICE

1. CONFORMACIÓN GEOMÉTRICA (PERFIL COSTERO Y BATIMETRÍA).....	3
2. VELOCIDADES EN DISTINTOS PUNTOS CERCANOS A LA COSTA EN SITUACIÓN CON PROYECTO.....	5
3. COMPARACIÓN DE VELOCIDADES ENTRE SITUACIÓN SIN PROYECTO (ACTUAL) Y CON PROYECTO.....	8
4. CAMPOS DE VELOCIDADES.....	9
5. EFECTO DEL A° MALDONADO SOBRE EL CAMPO DE VELOCIDADES .....	41

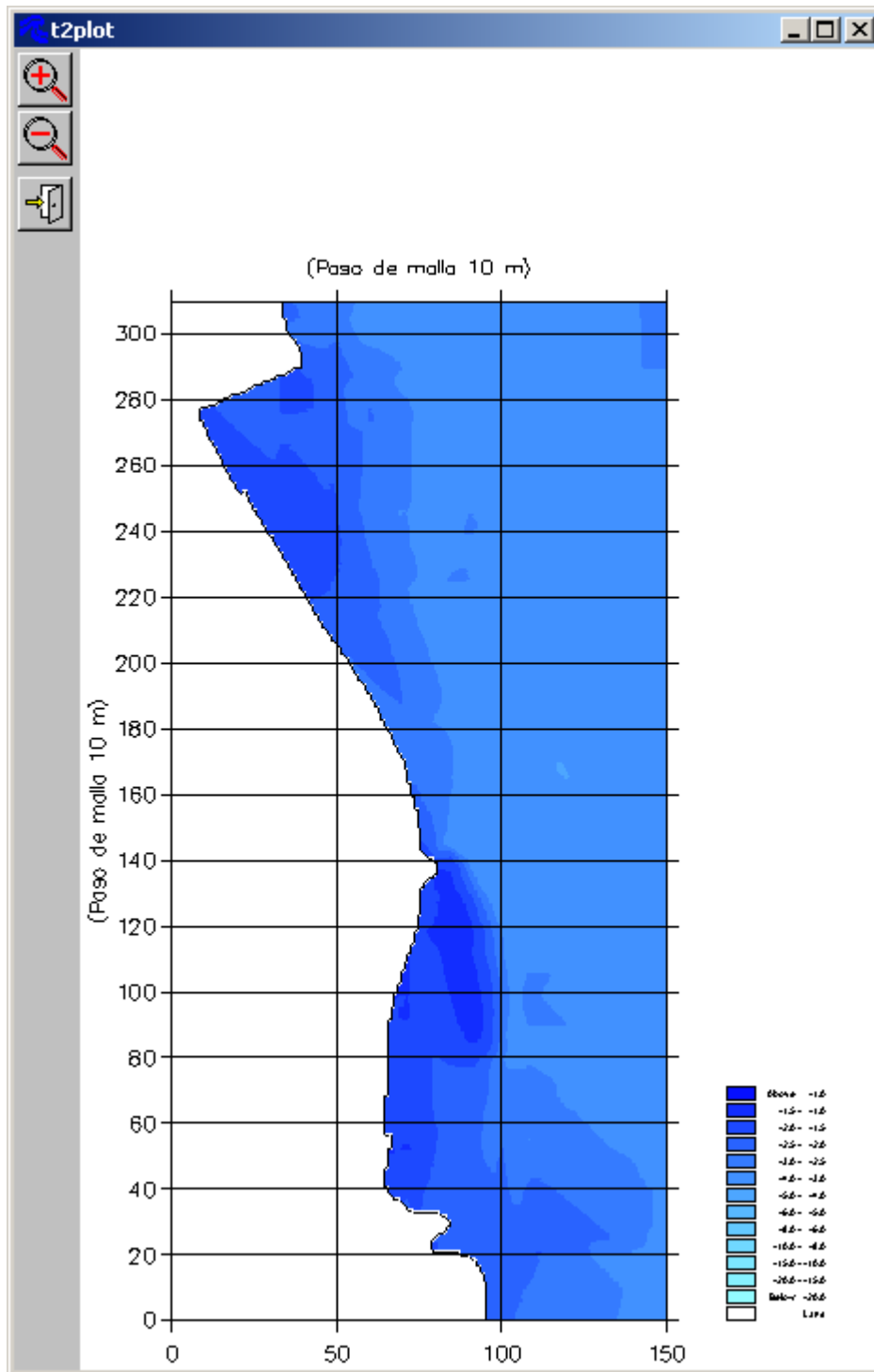
## 1. Conformación geométrica (perfil costero y batimetría)

Situación sin proyecto (actual)



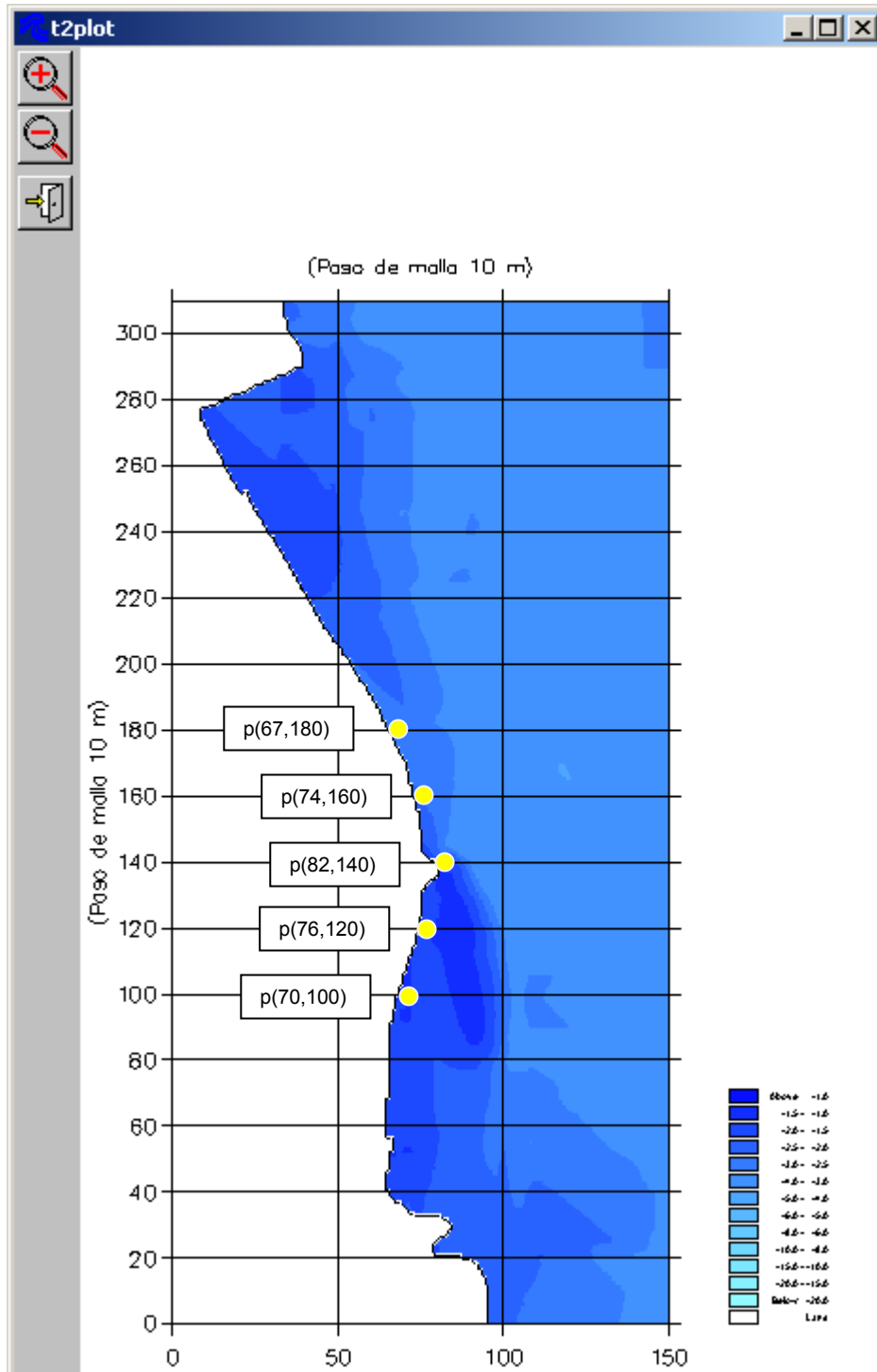


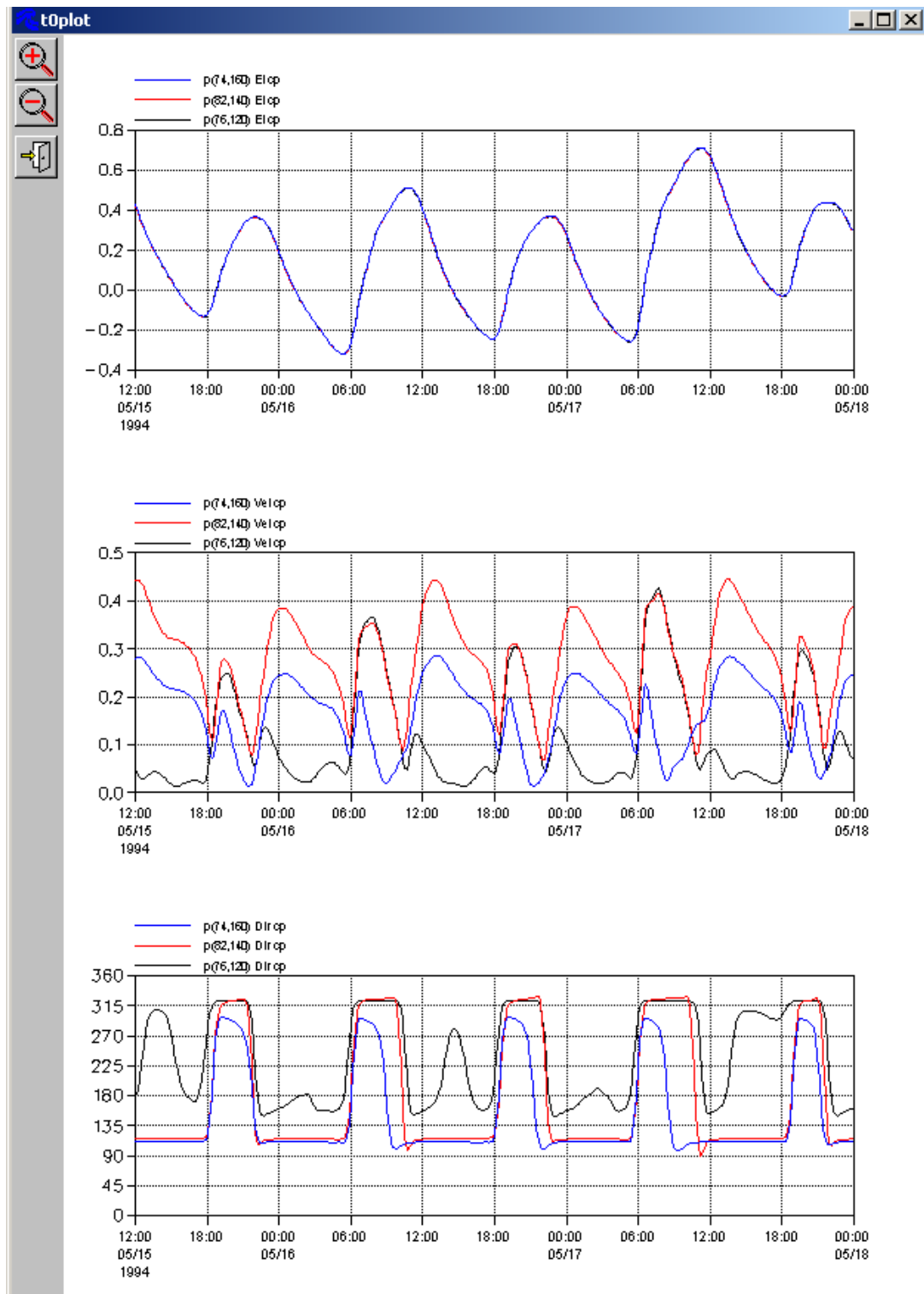
**Situación con proyecto (relleno conformado)**



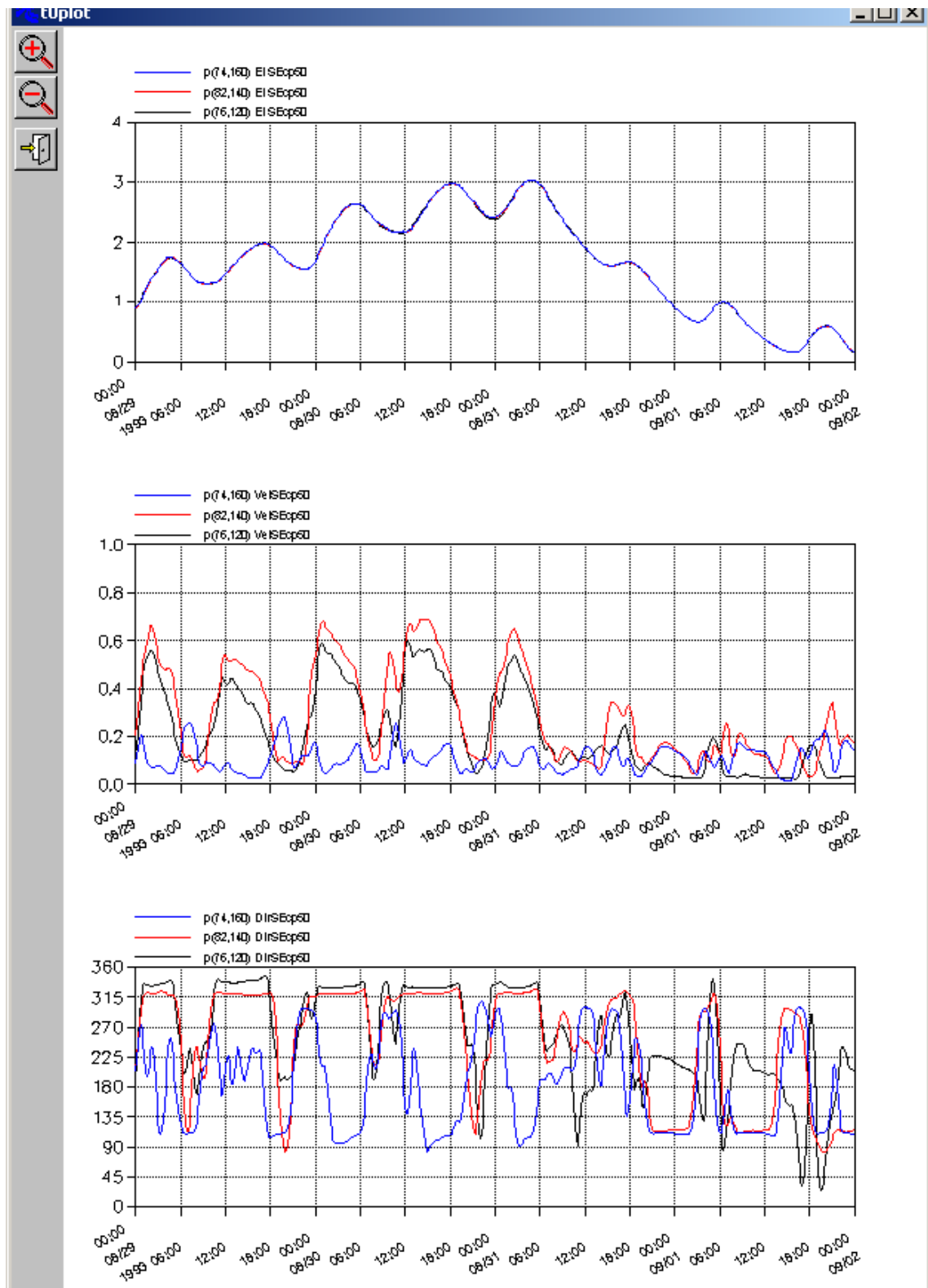
## 2. Velocidades en distintos puntos cercanos a la costa en situación con proyecto.

### Ubicación de puntos para visualización de velocidades



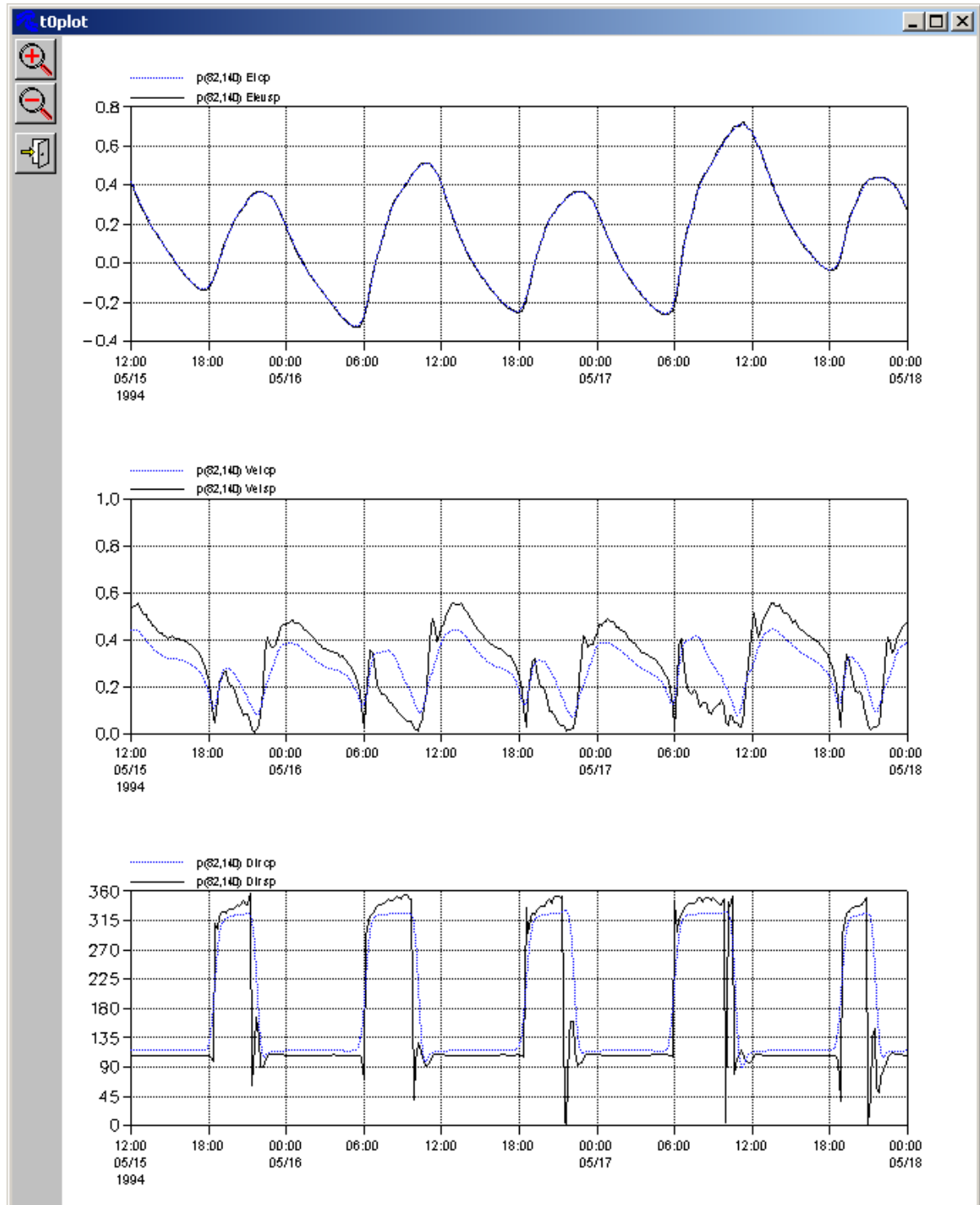
**Condición mareas: normal**


**Condición mareas: sudestada**



### 3. Comparación de velocidades entre situación sin proyecto (actual) y con proyecto

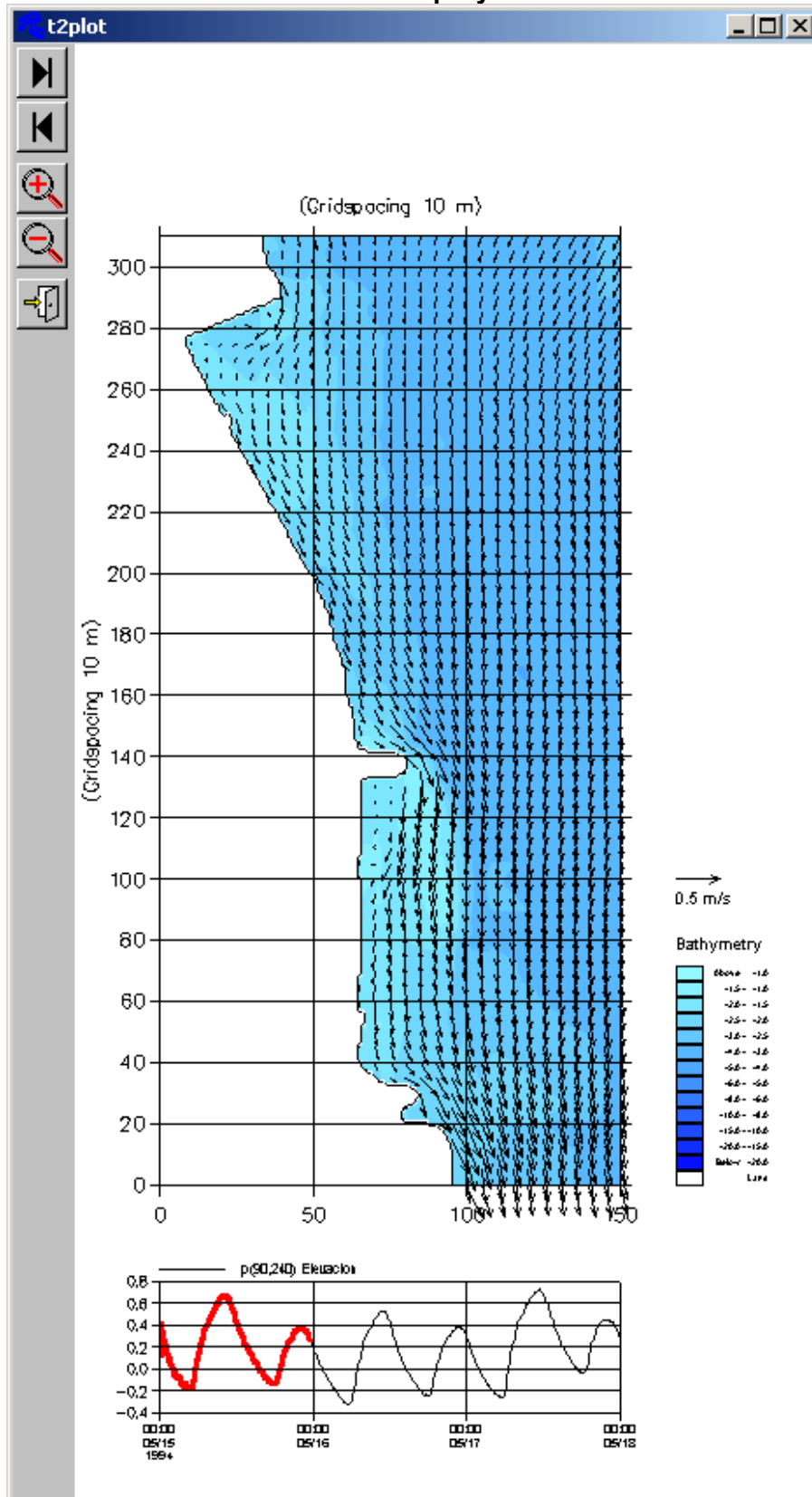
**Condición mareas: normal**

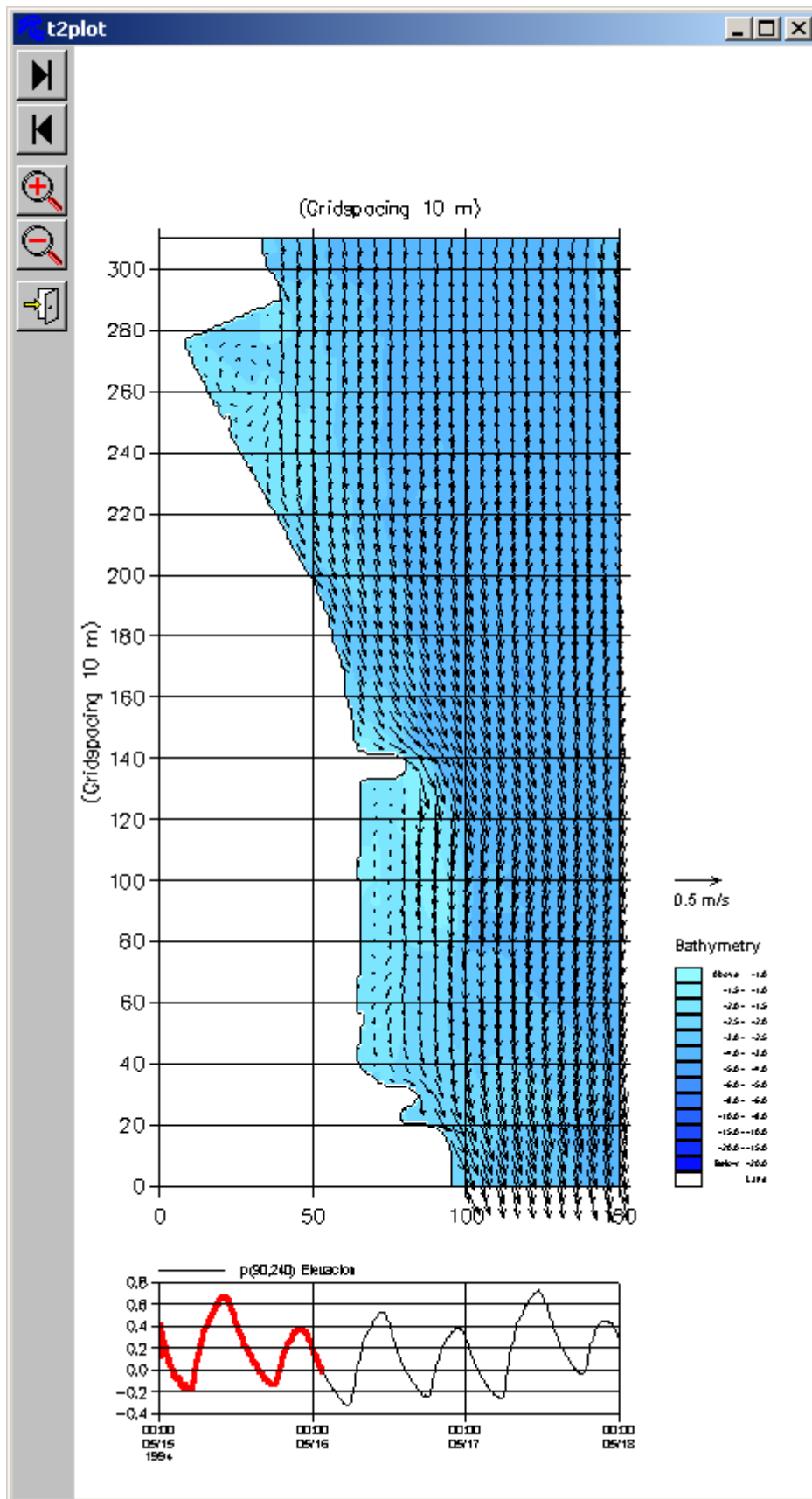


**Condición mareas: sudestada**

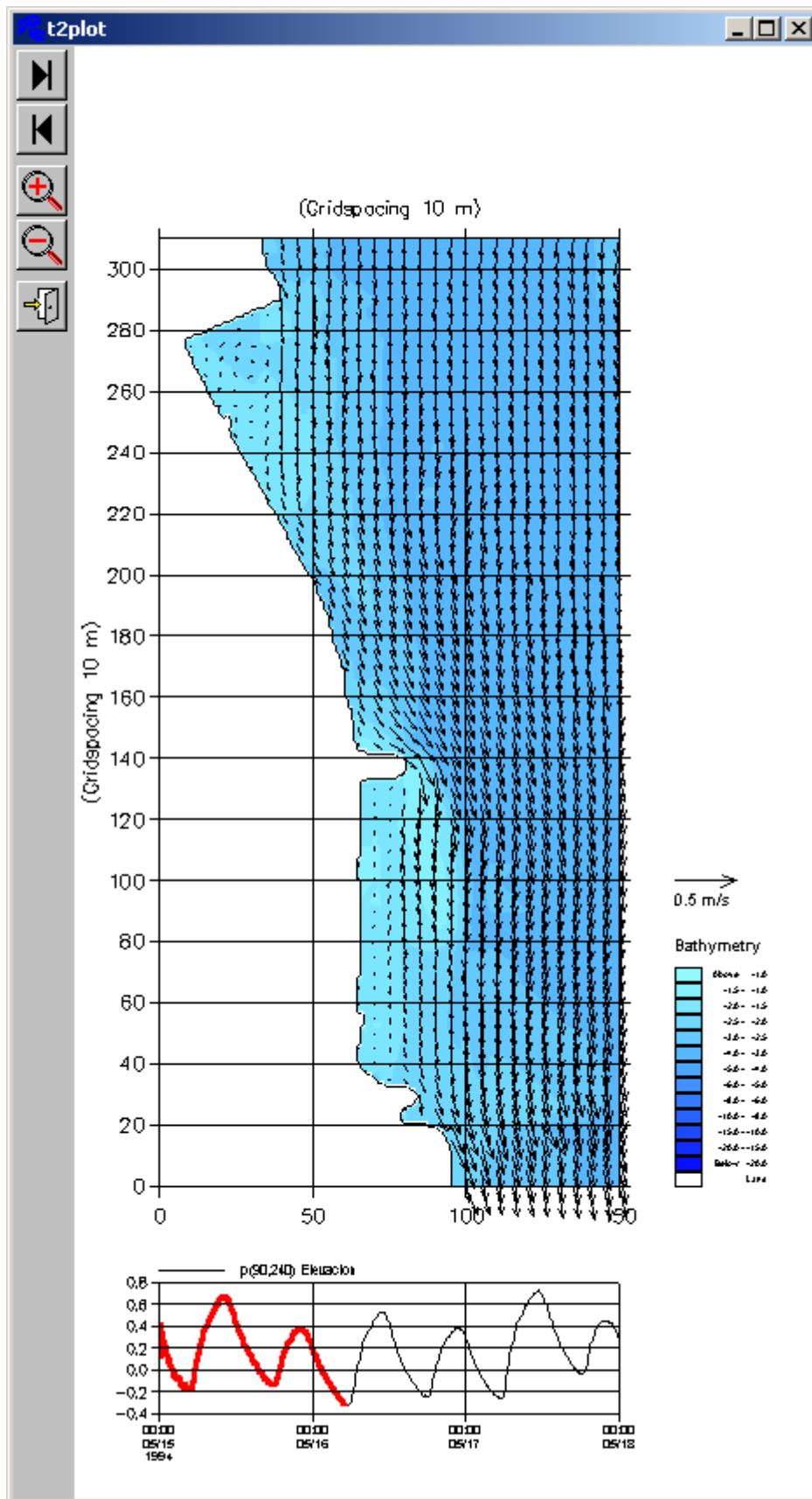
## 4. Campos de velocidades

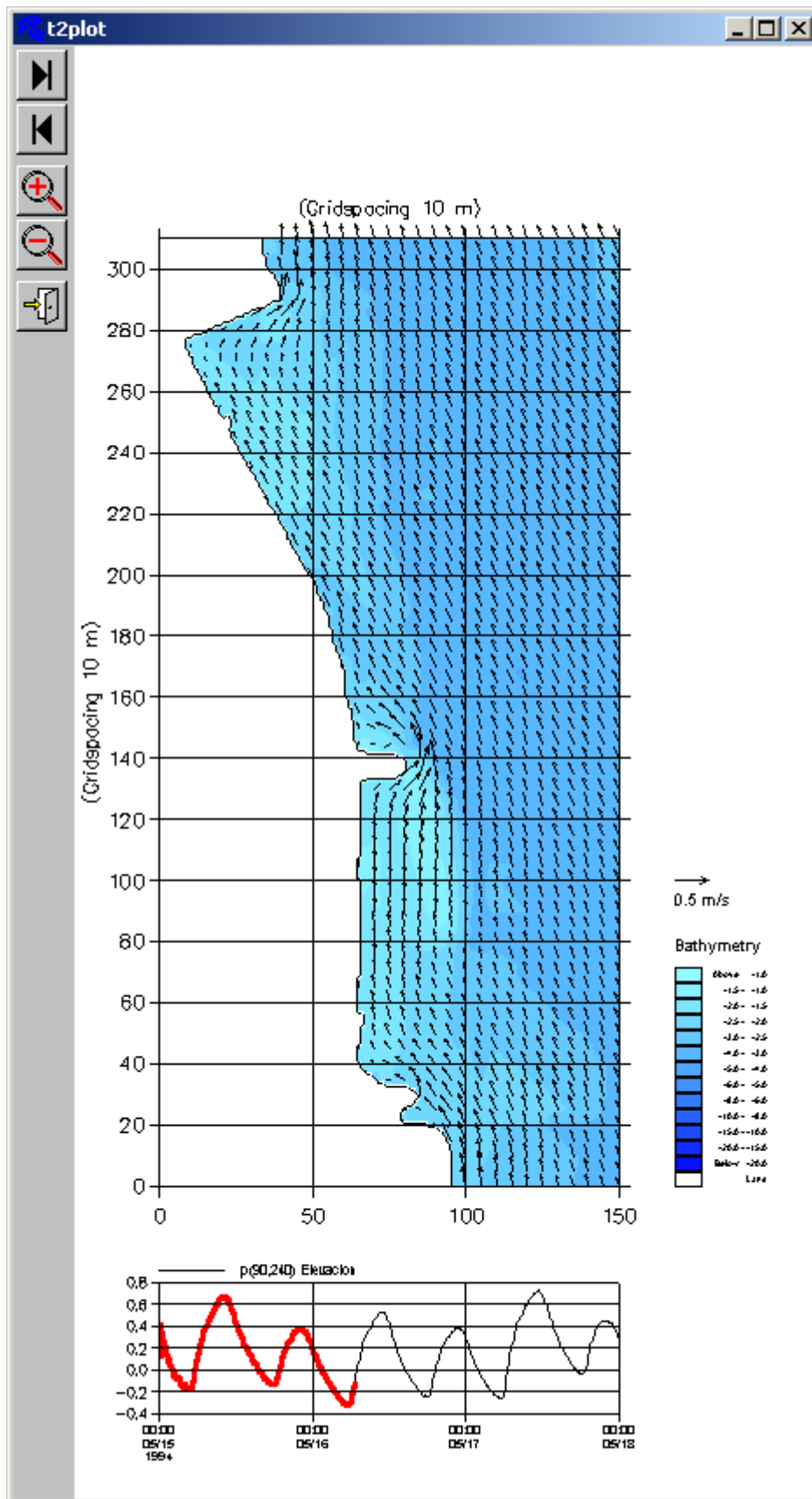
### 4.1 Condición mareas normal / Situación sin proyecto

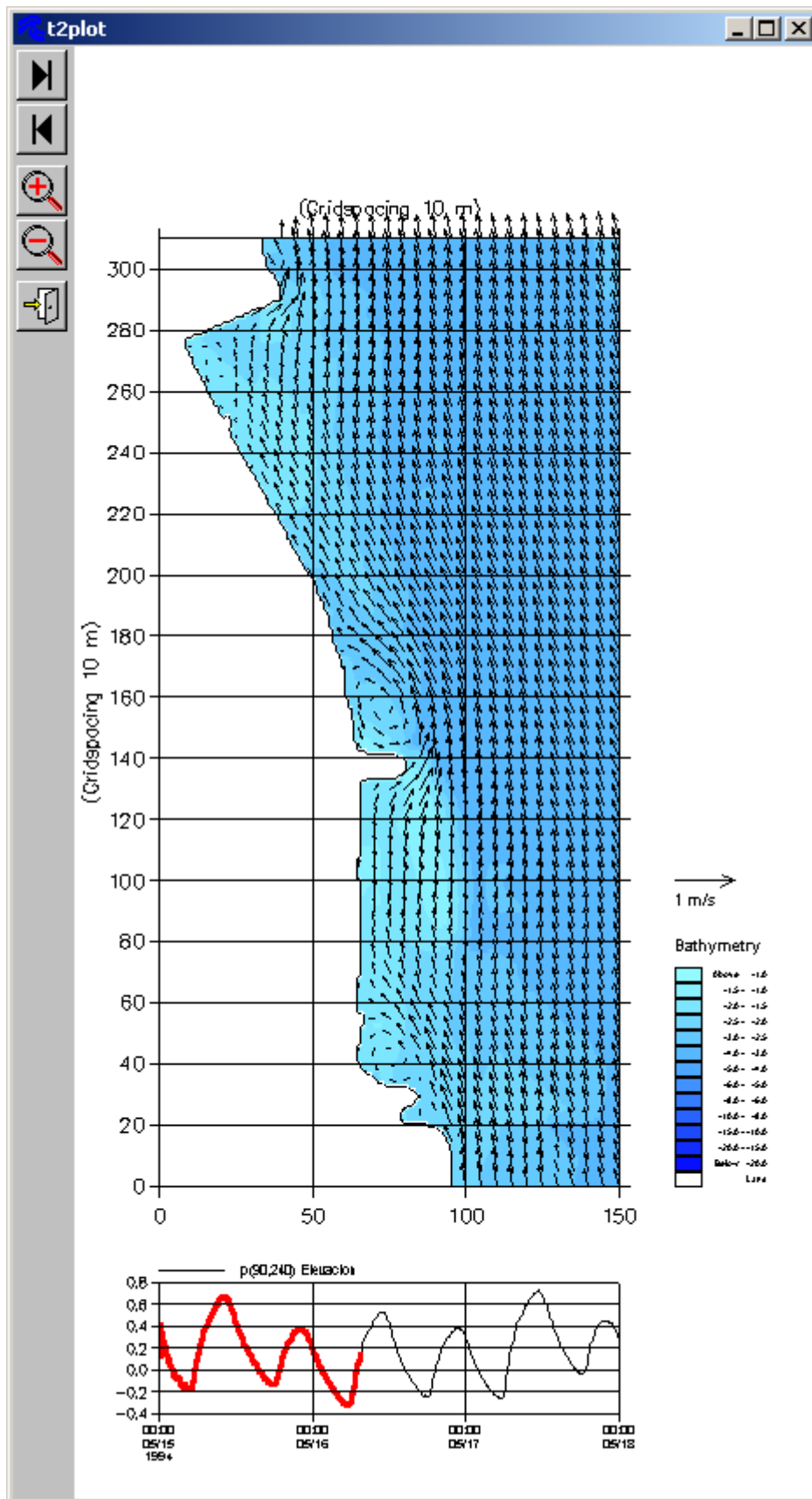


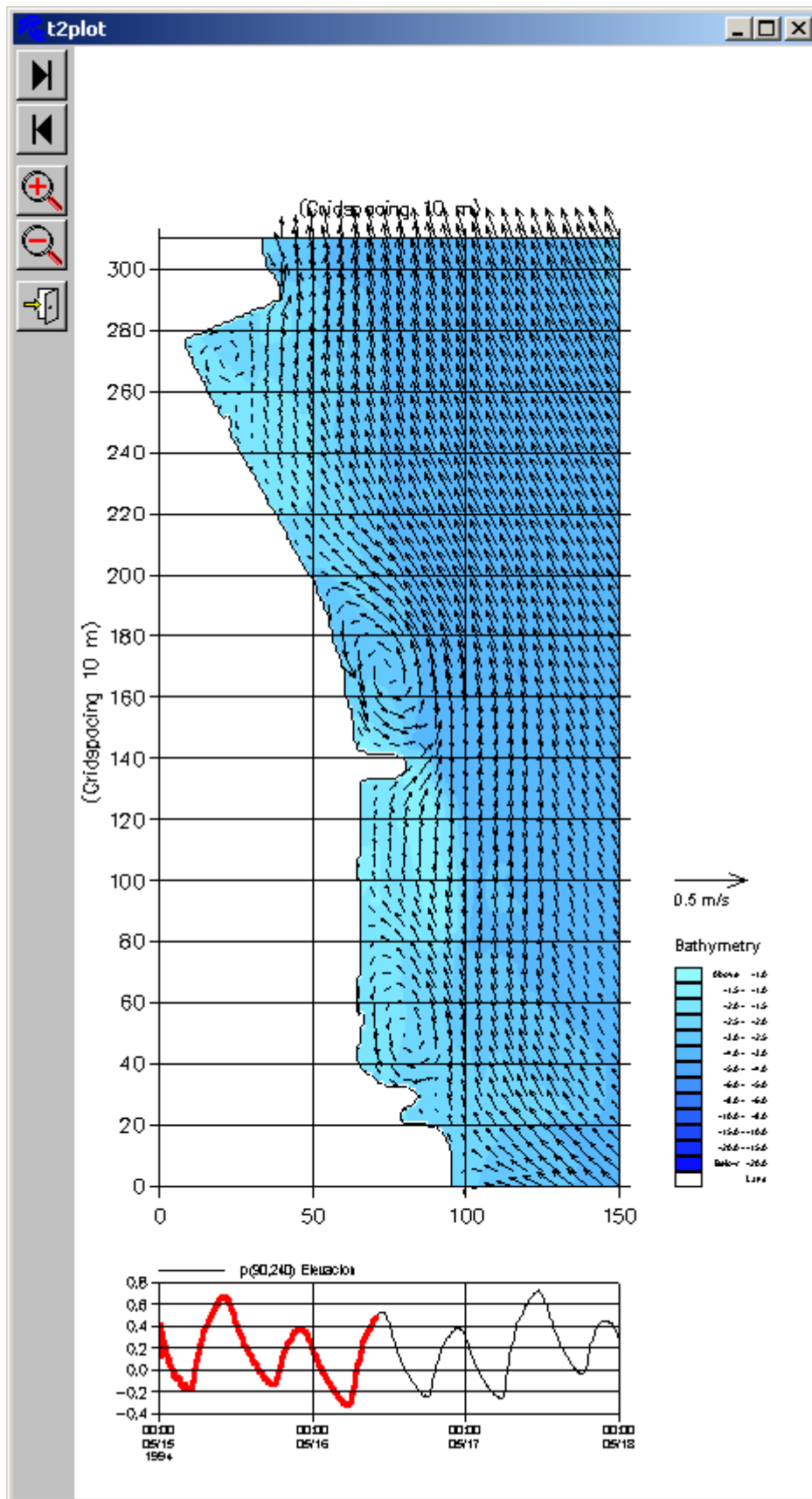


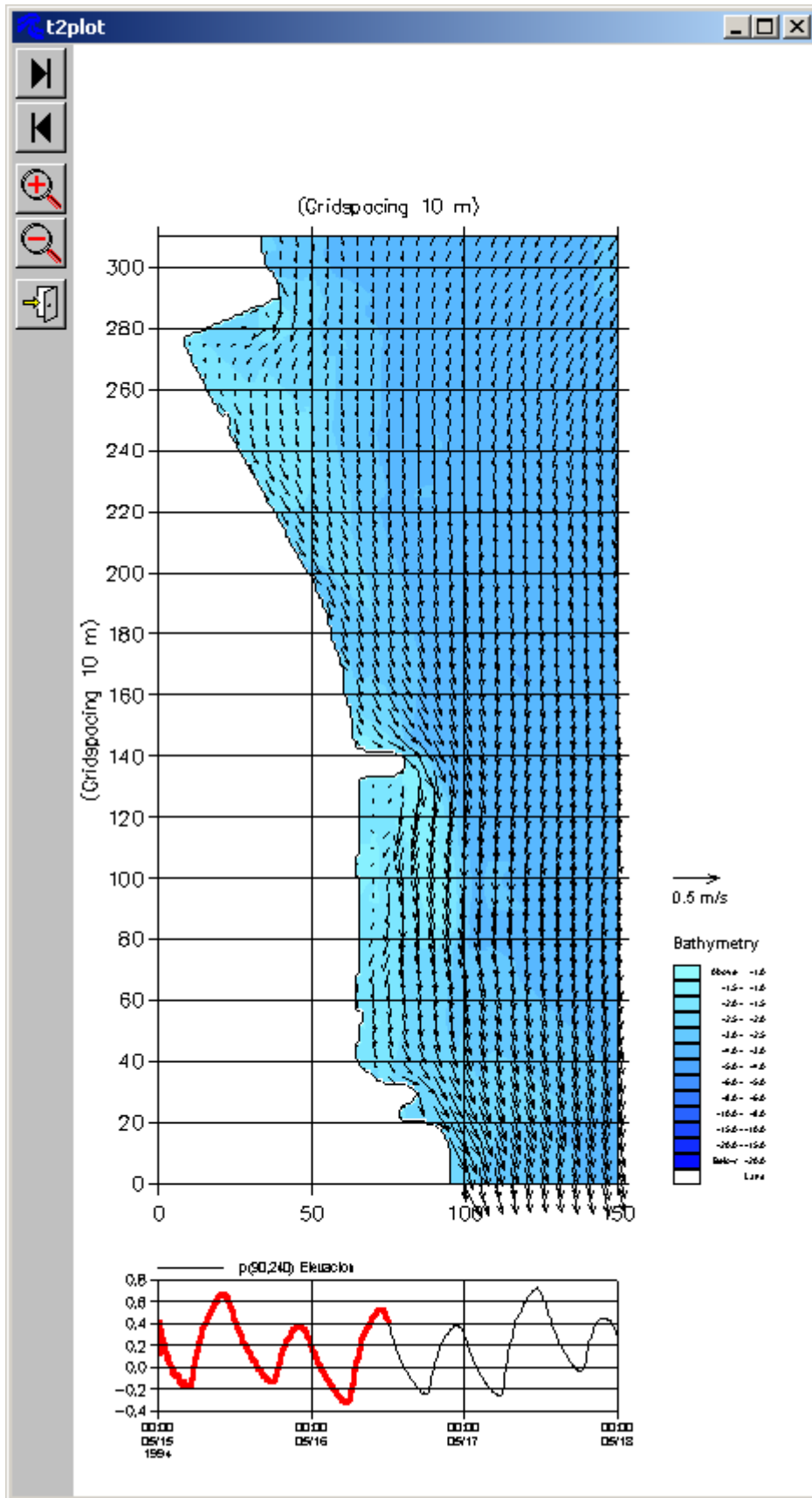




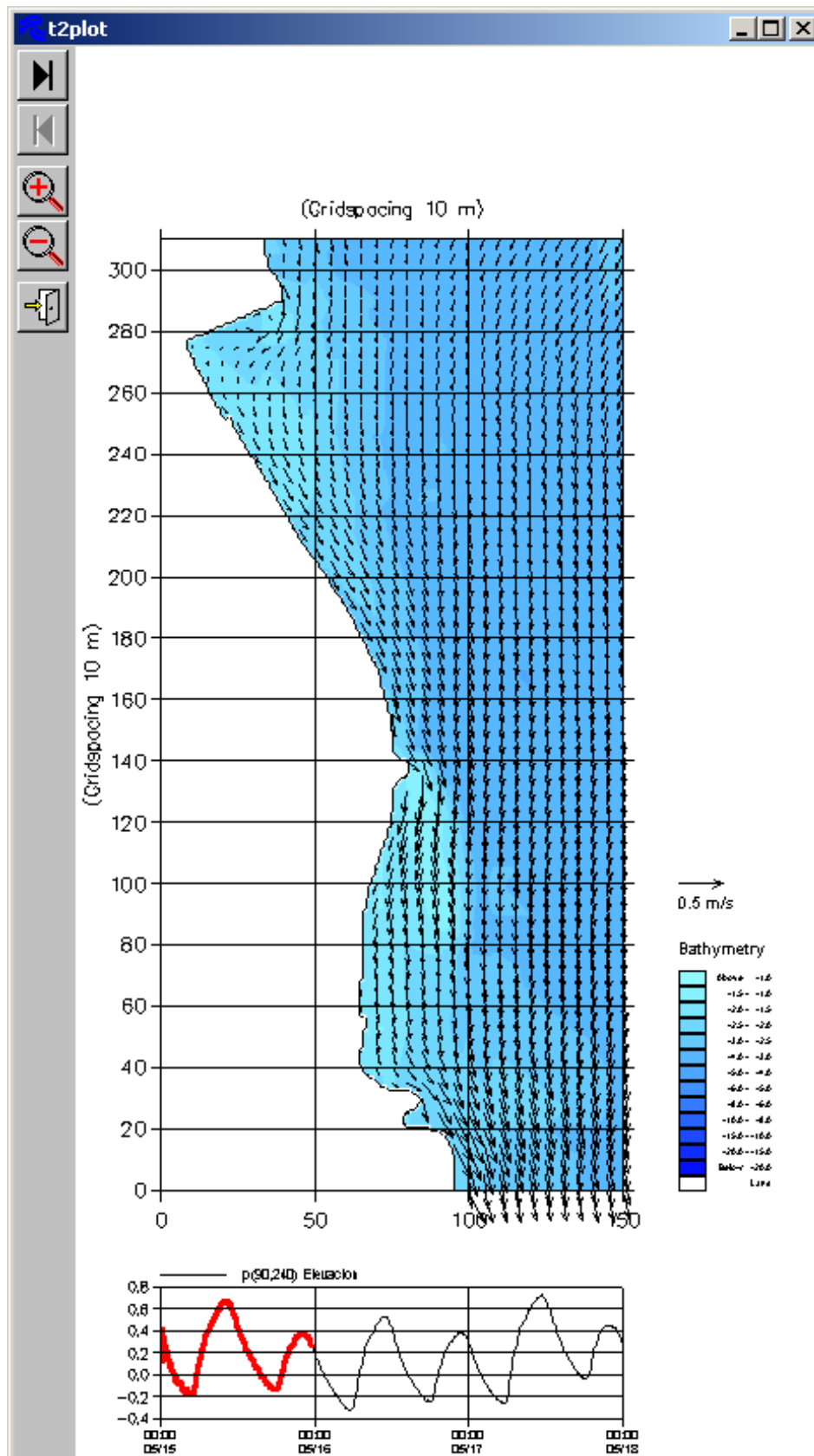


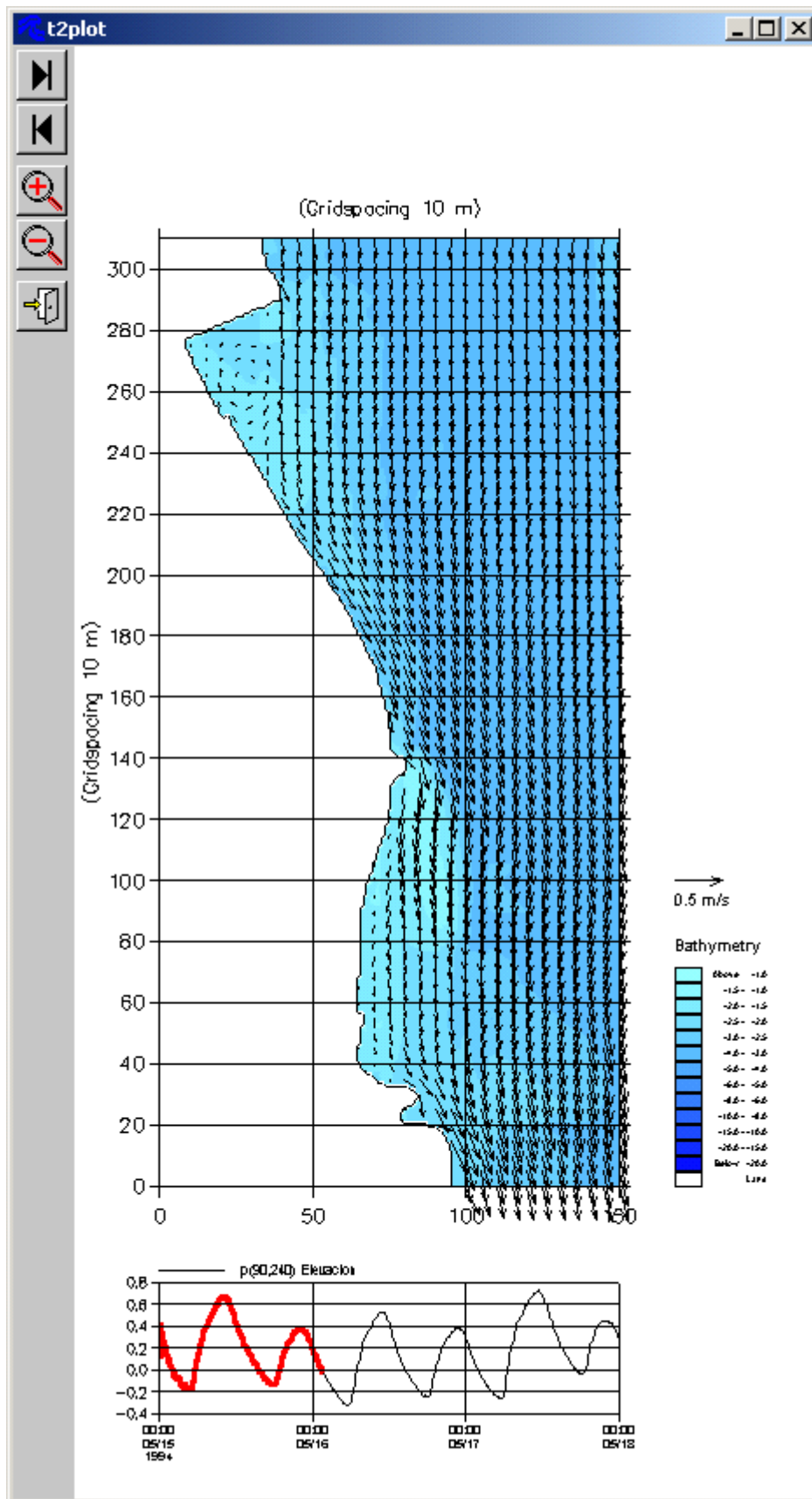




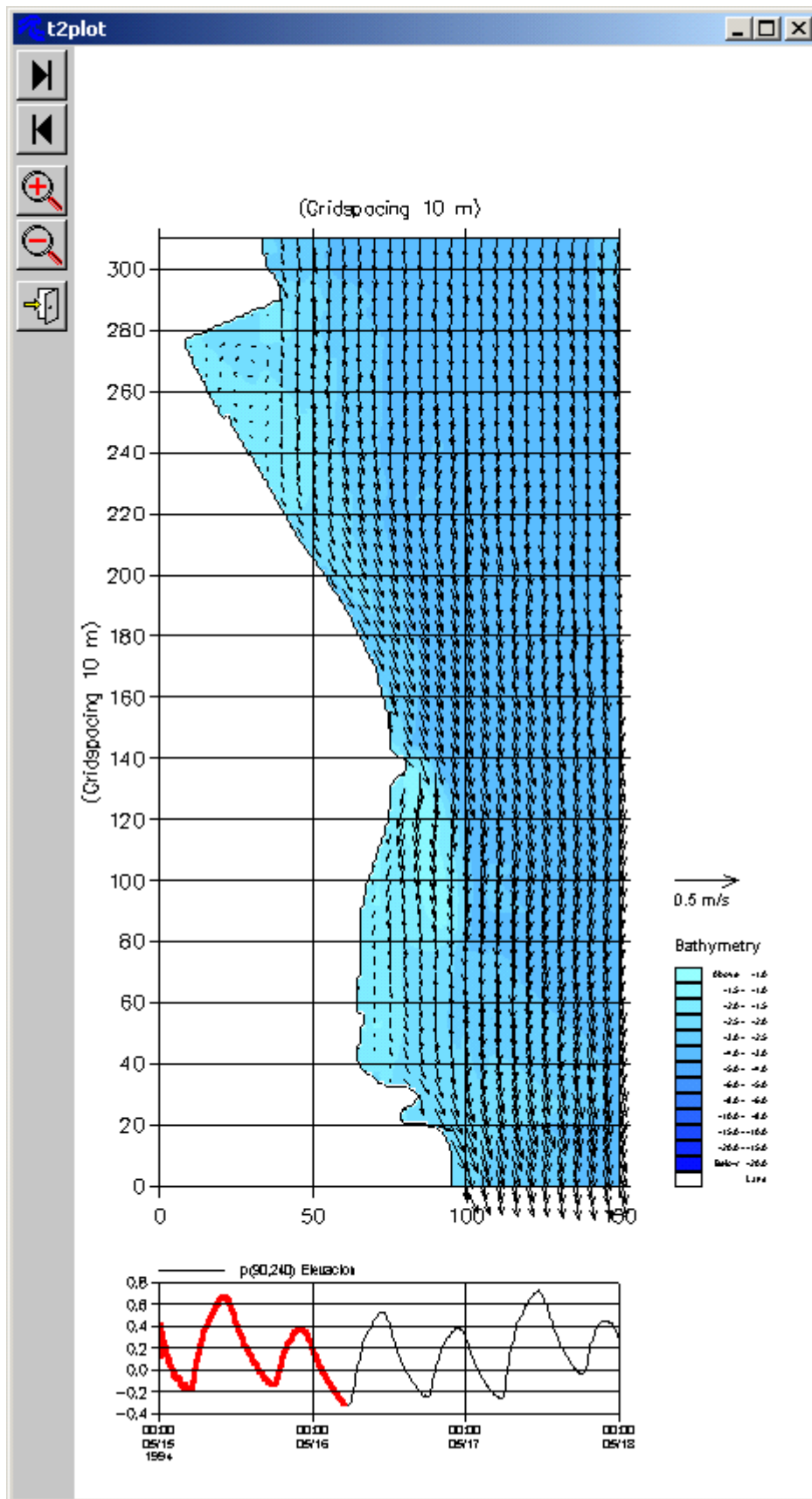


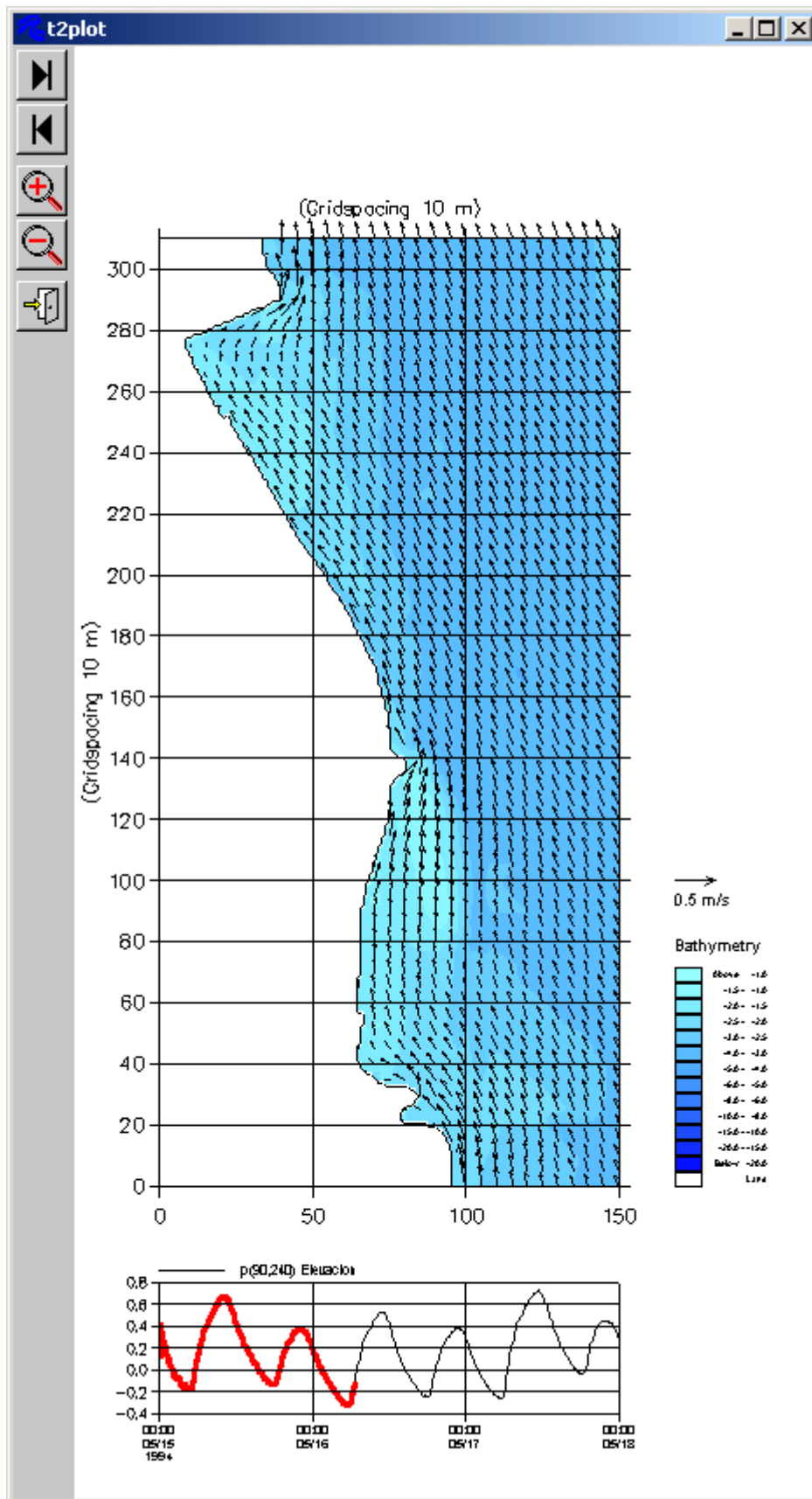
4.2 Condición mareas normal / Situación con proyecto

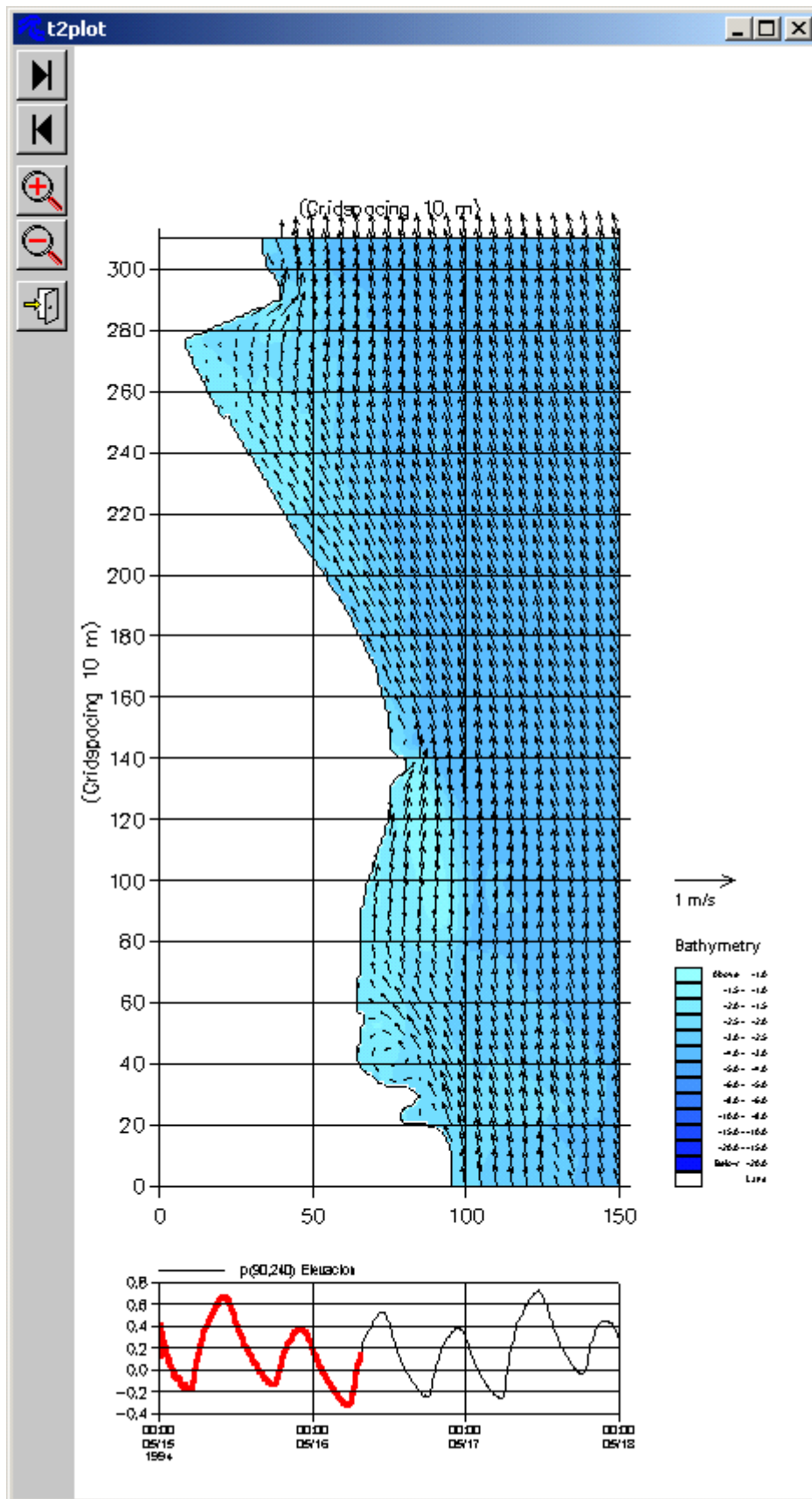


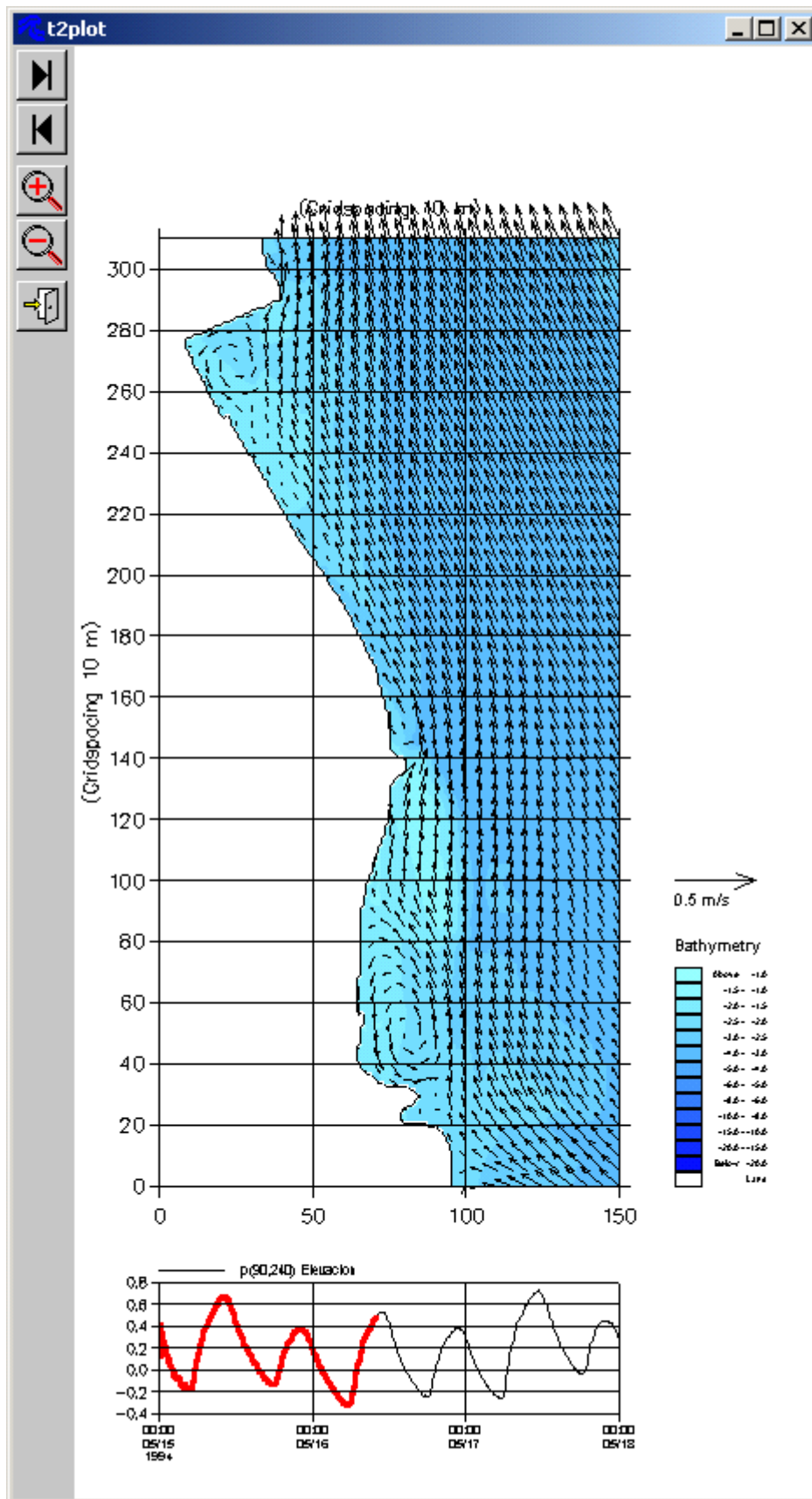


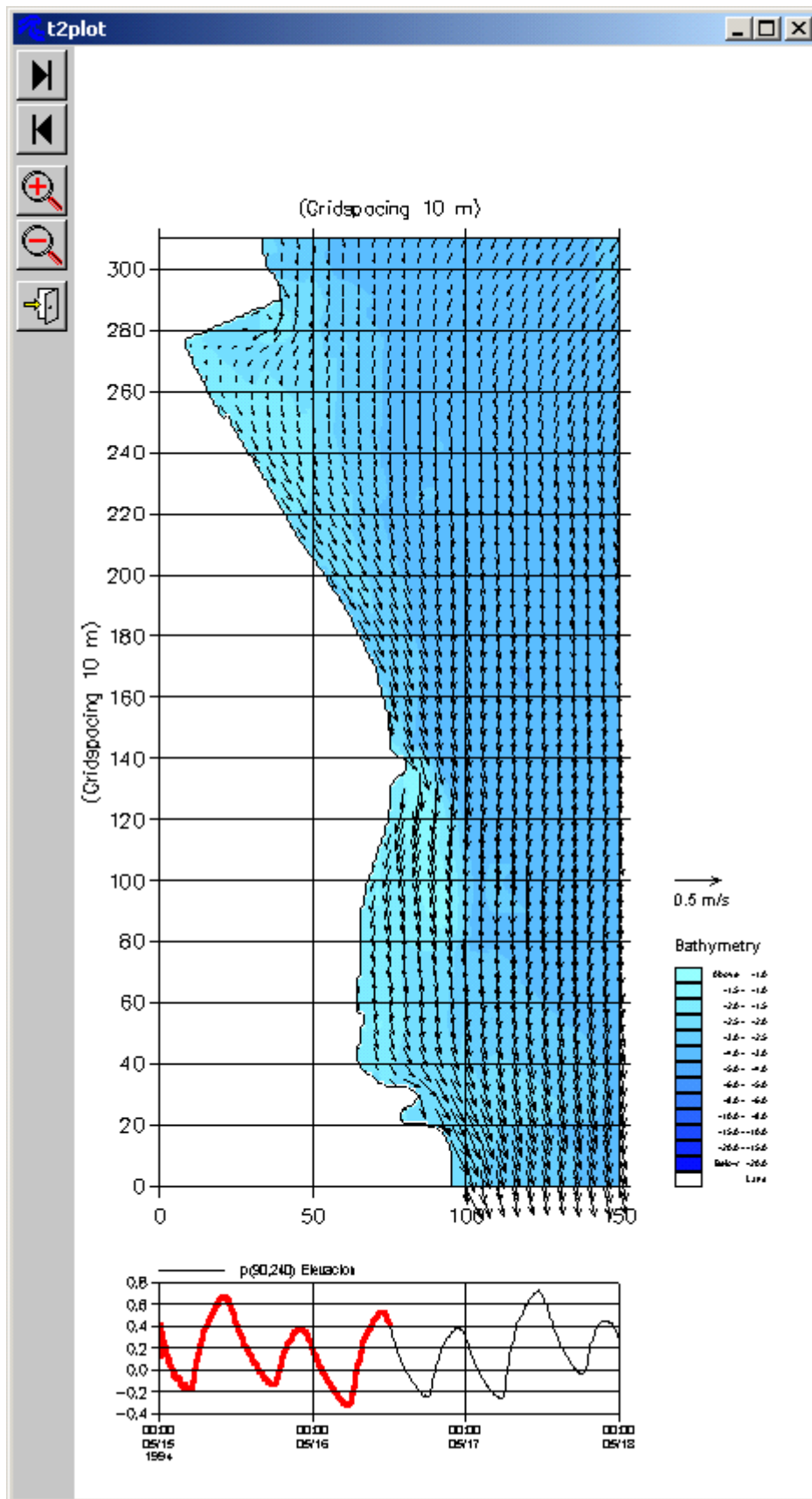




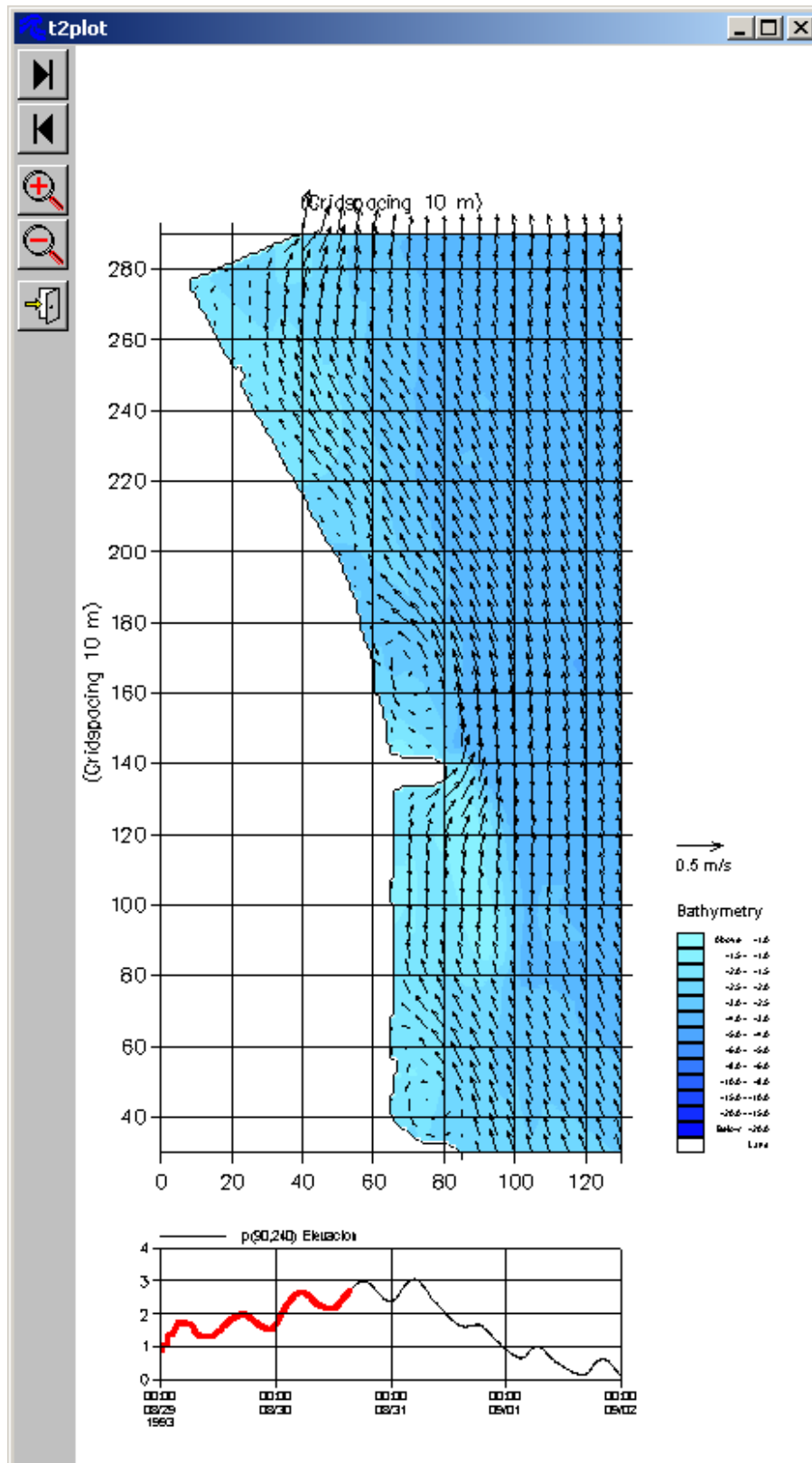


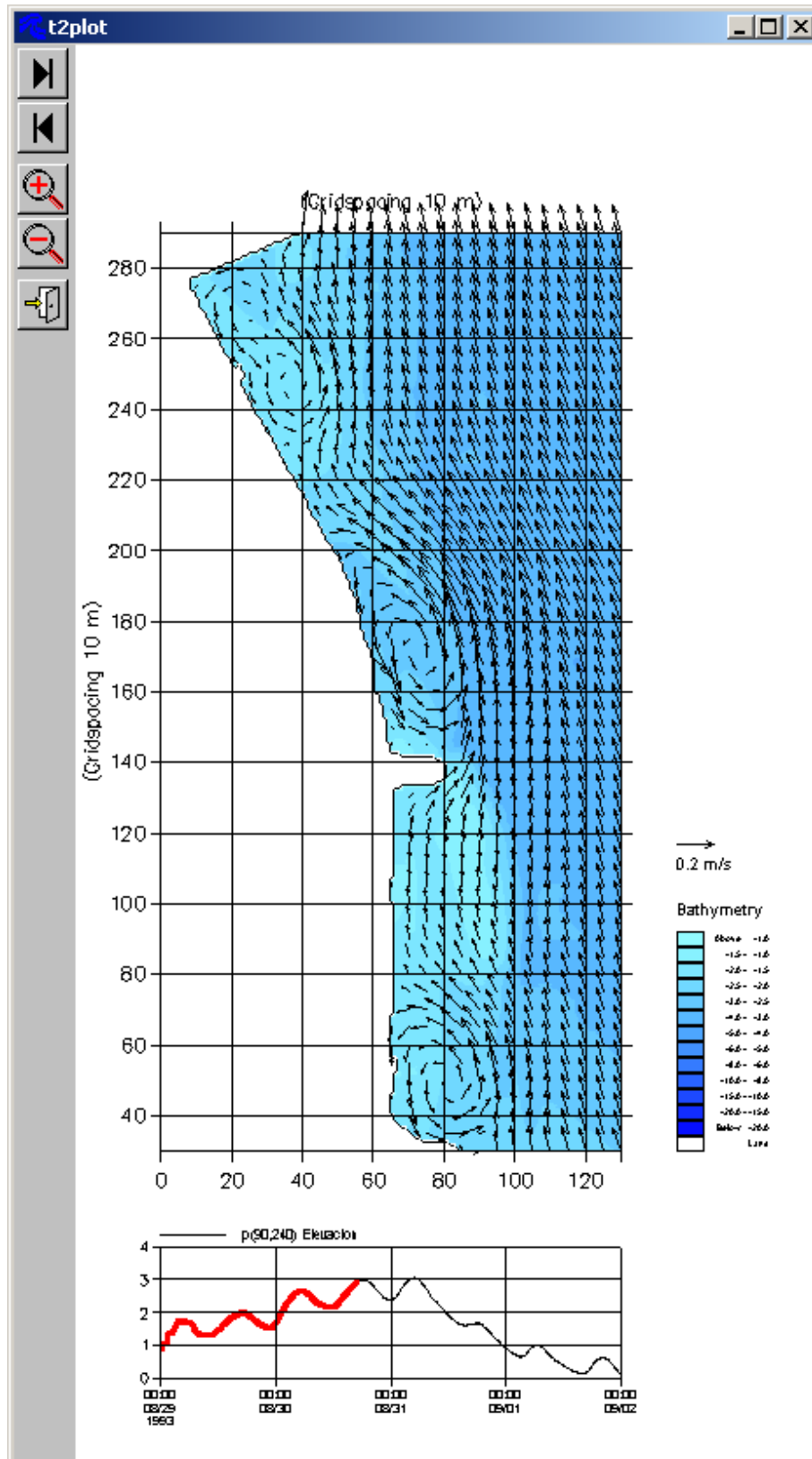




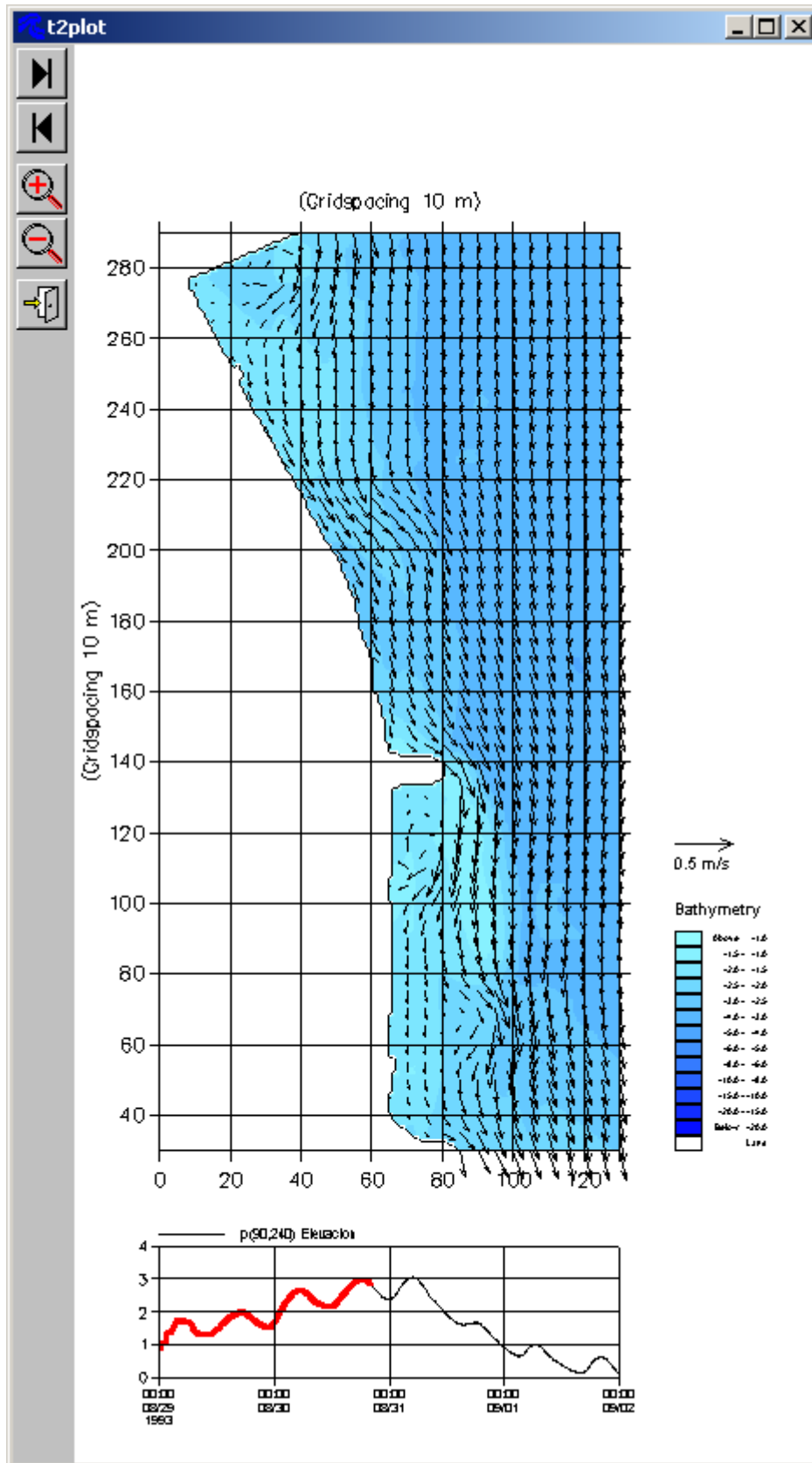


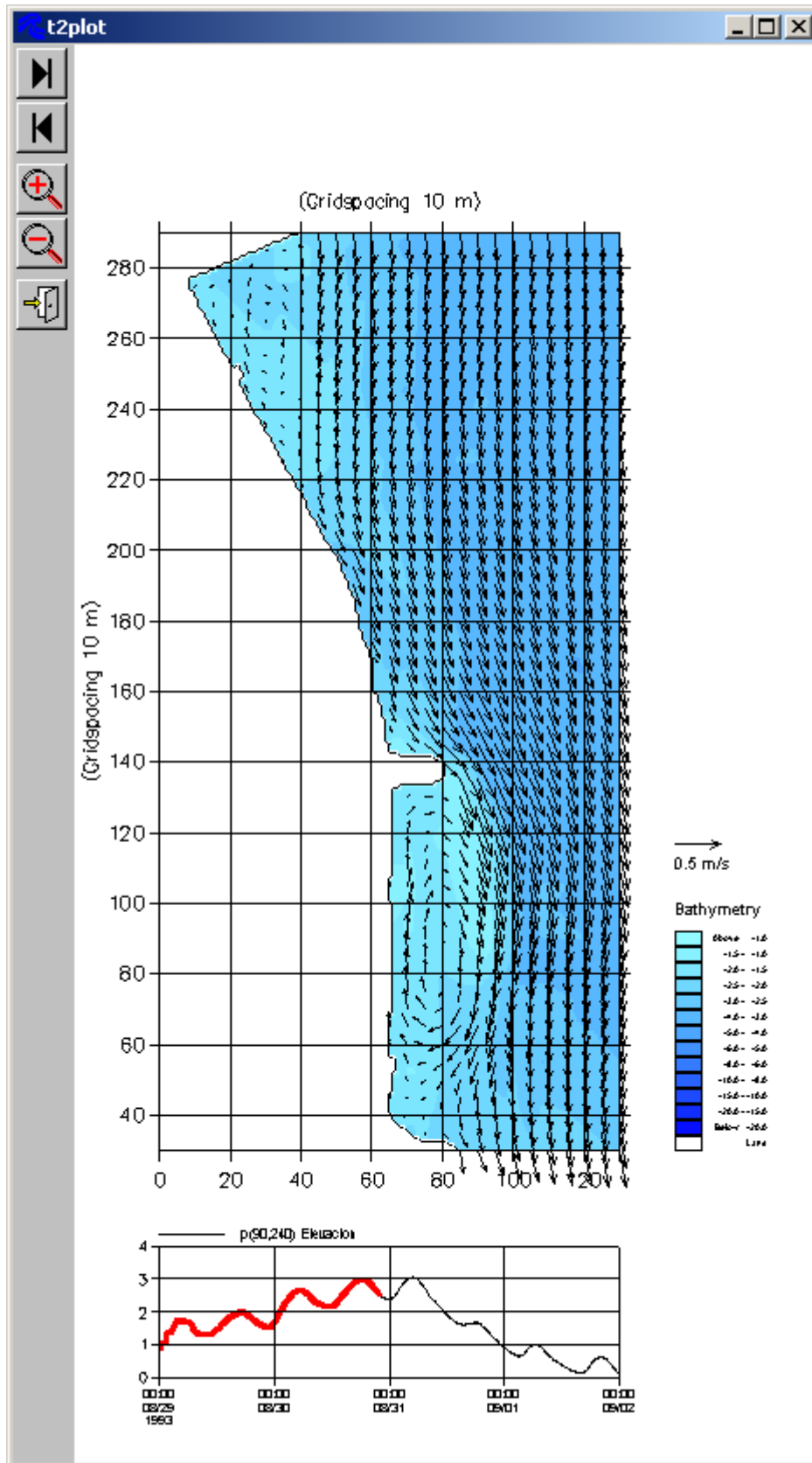
### 4.3 Condición mareas sudestada / Situación sin proyecto

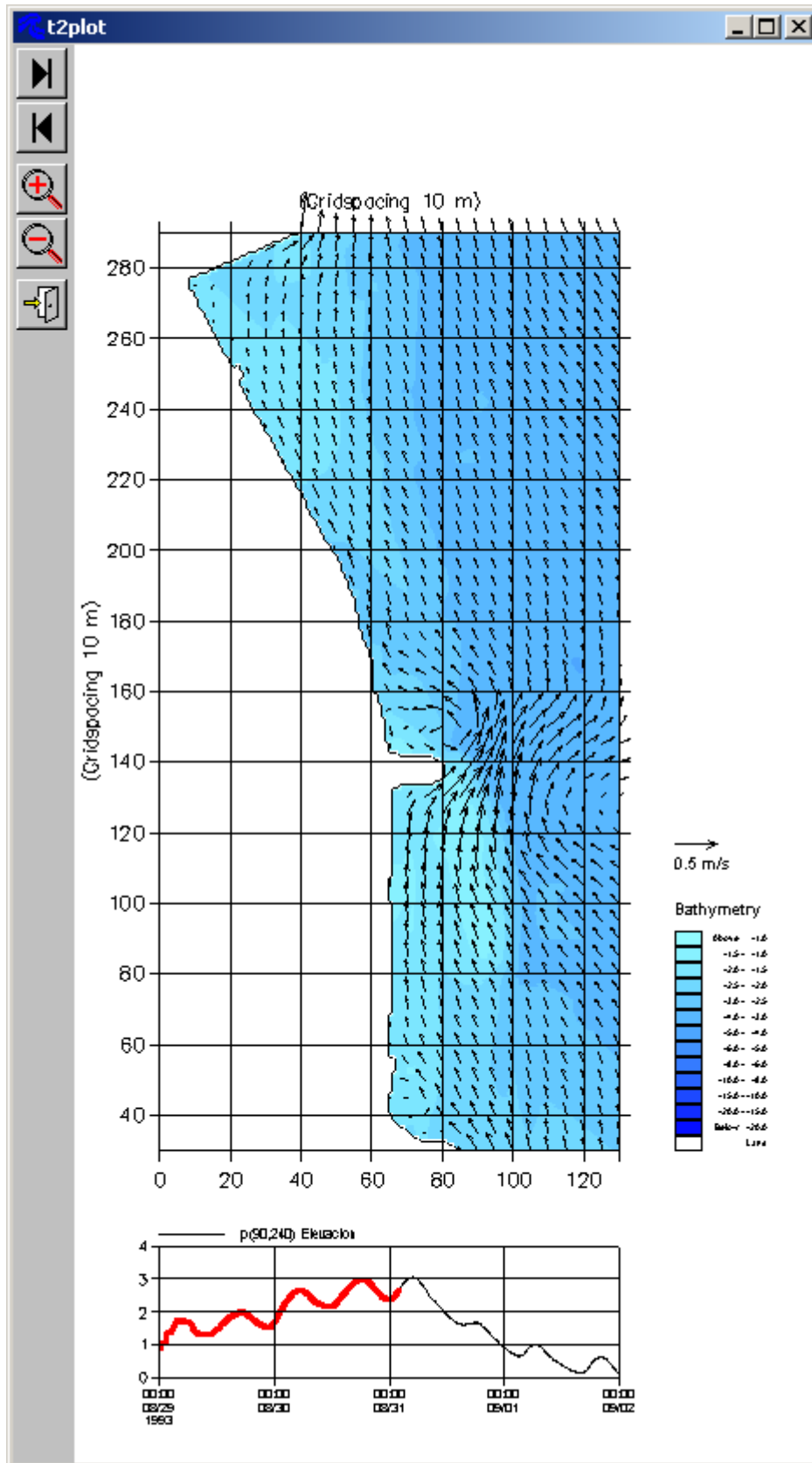


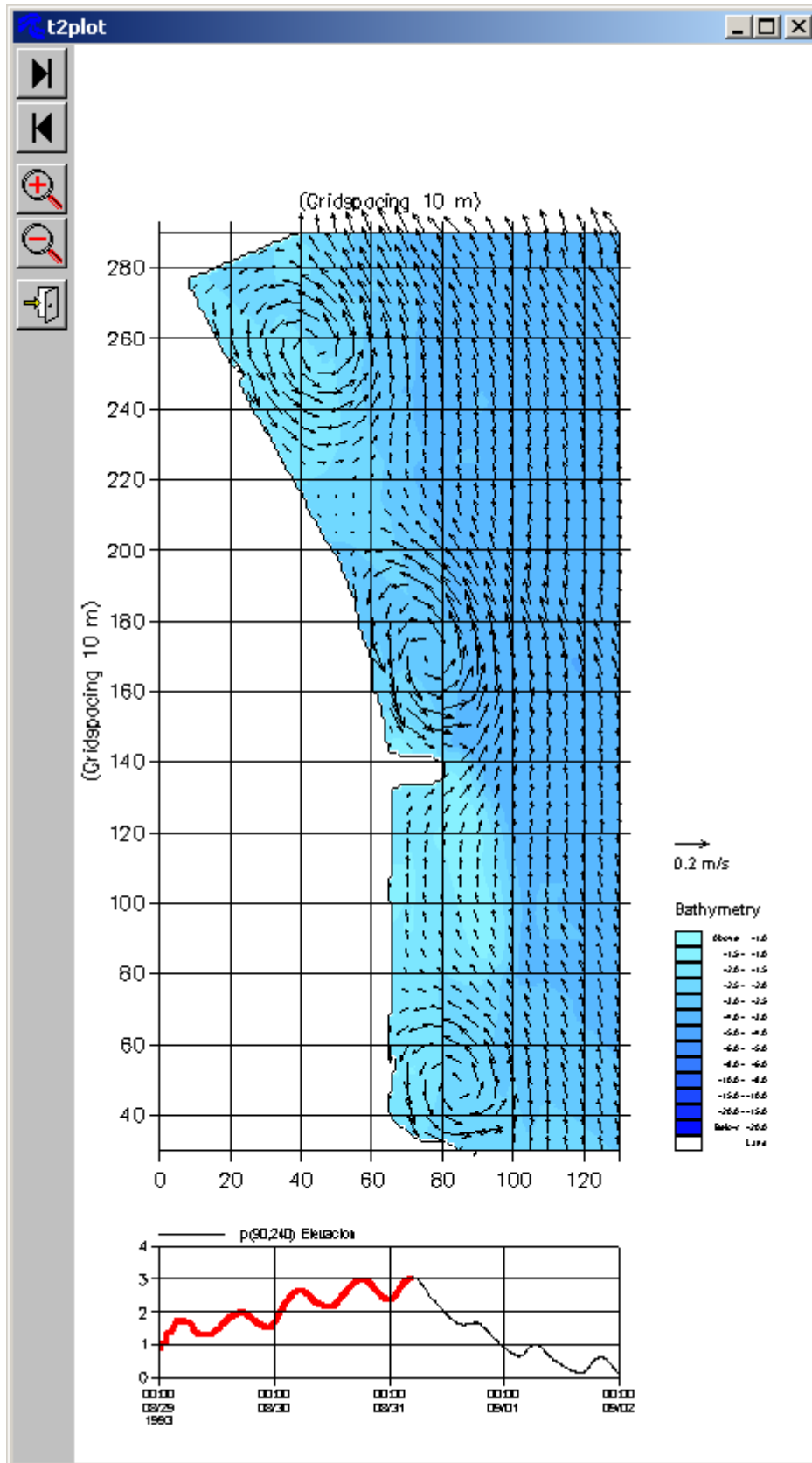


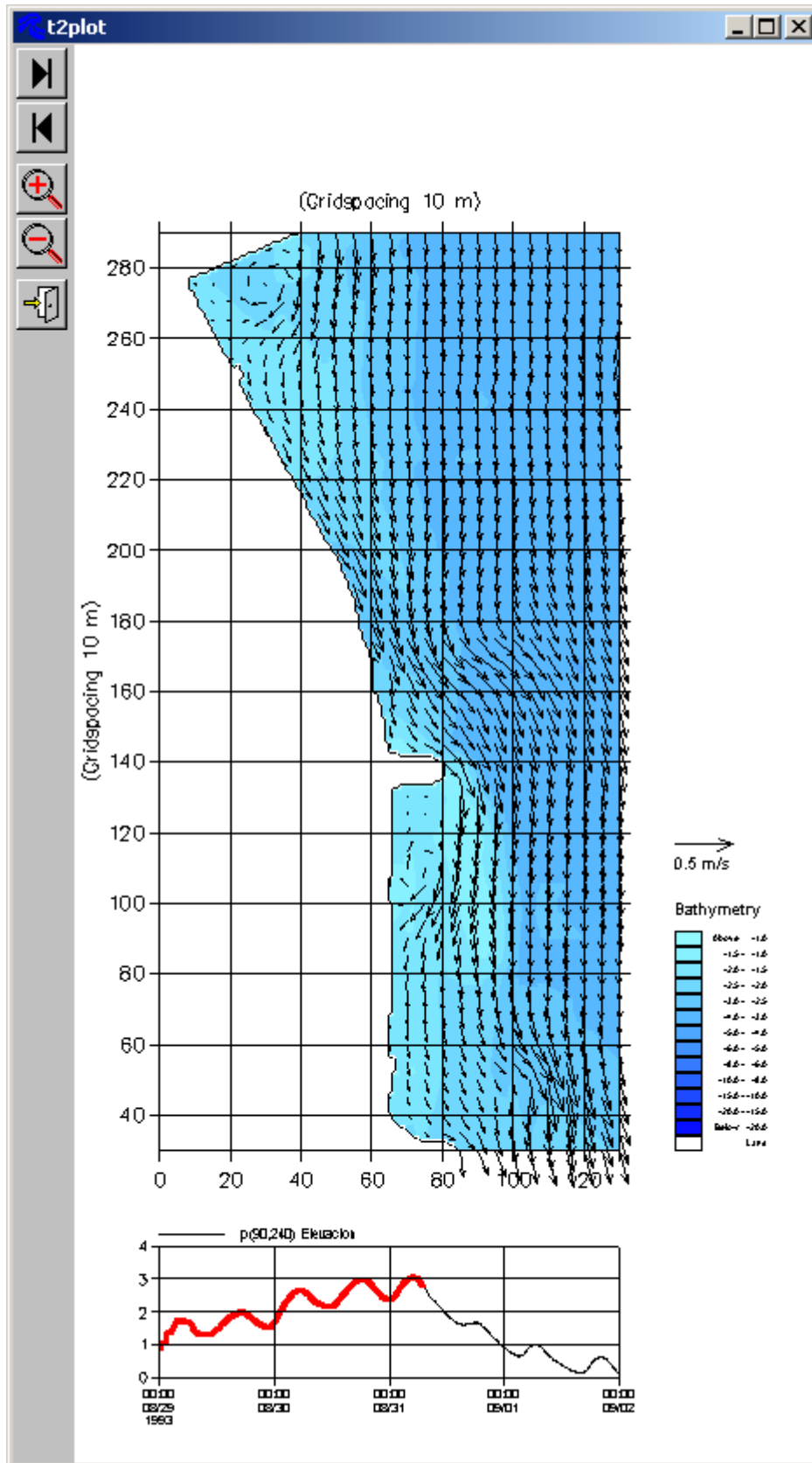


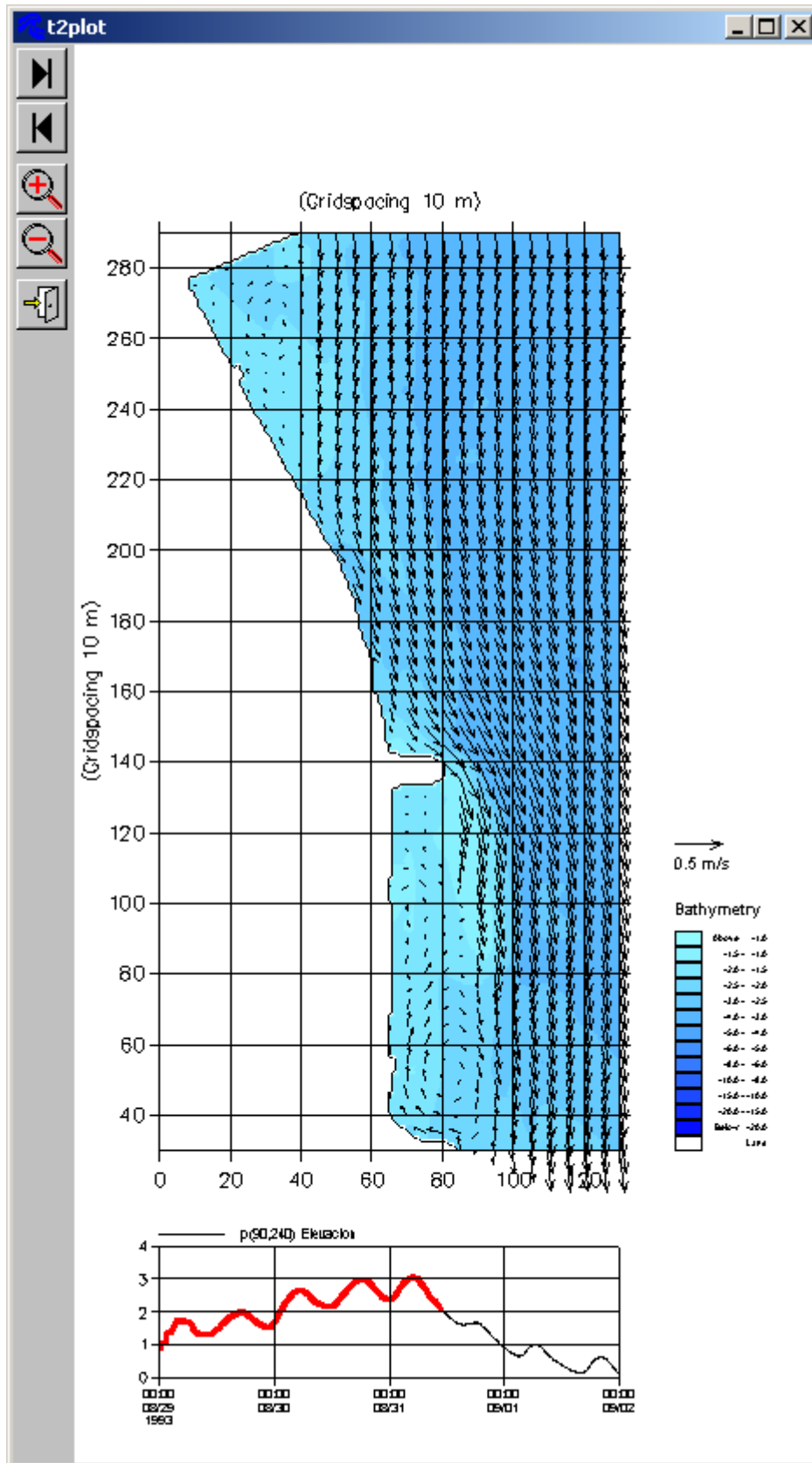


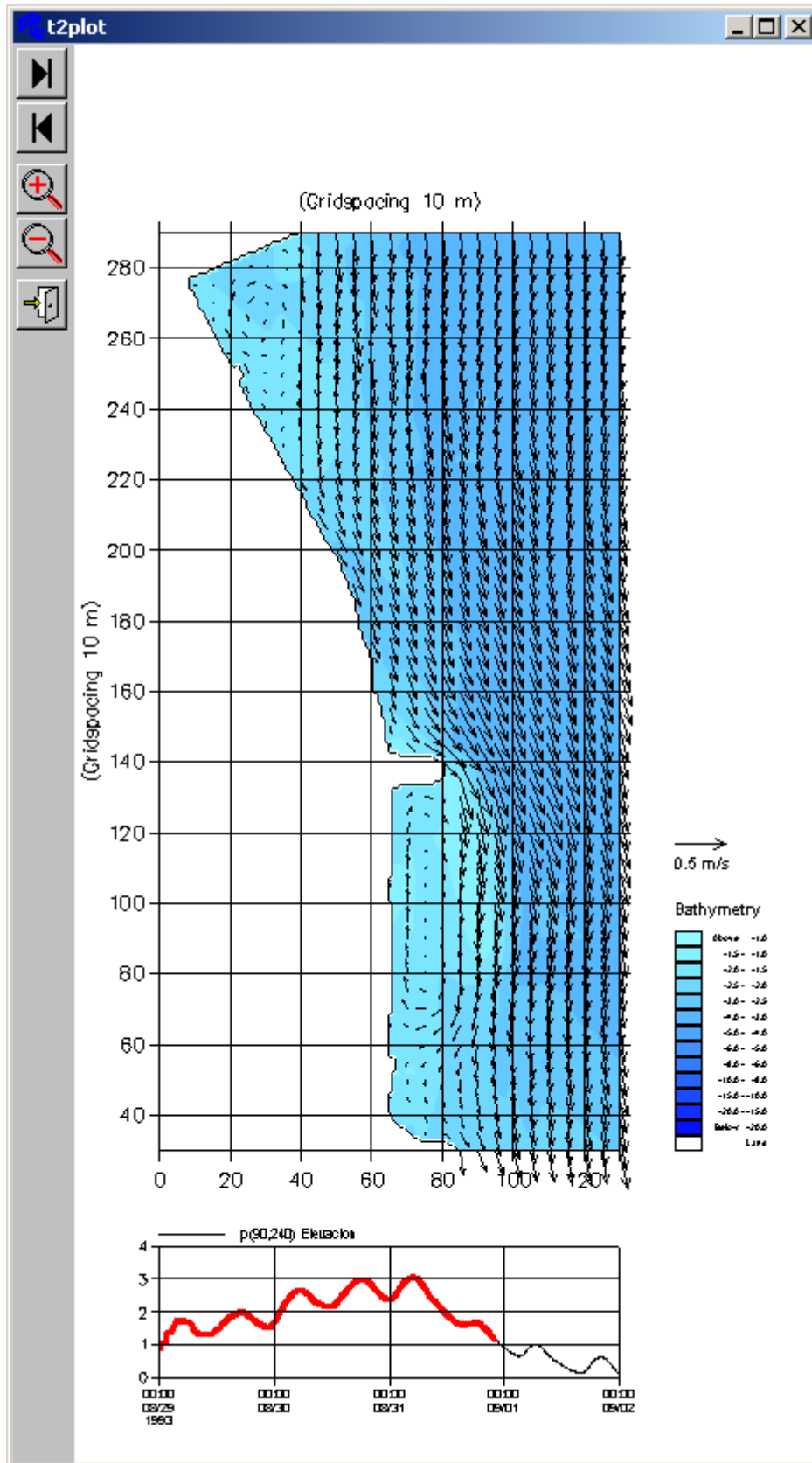






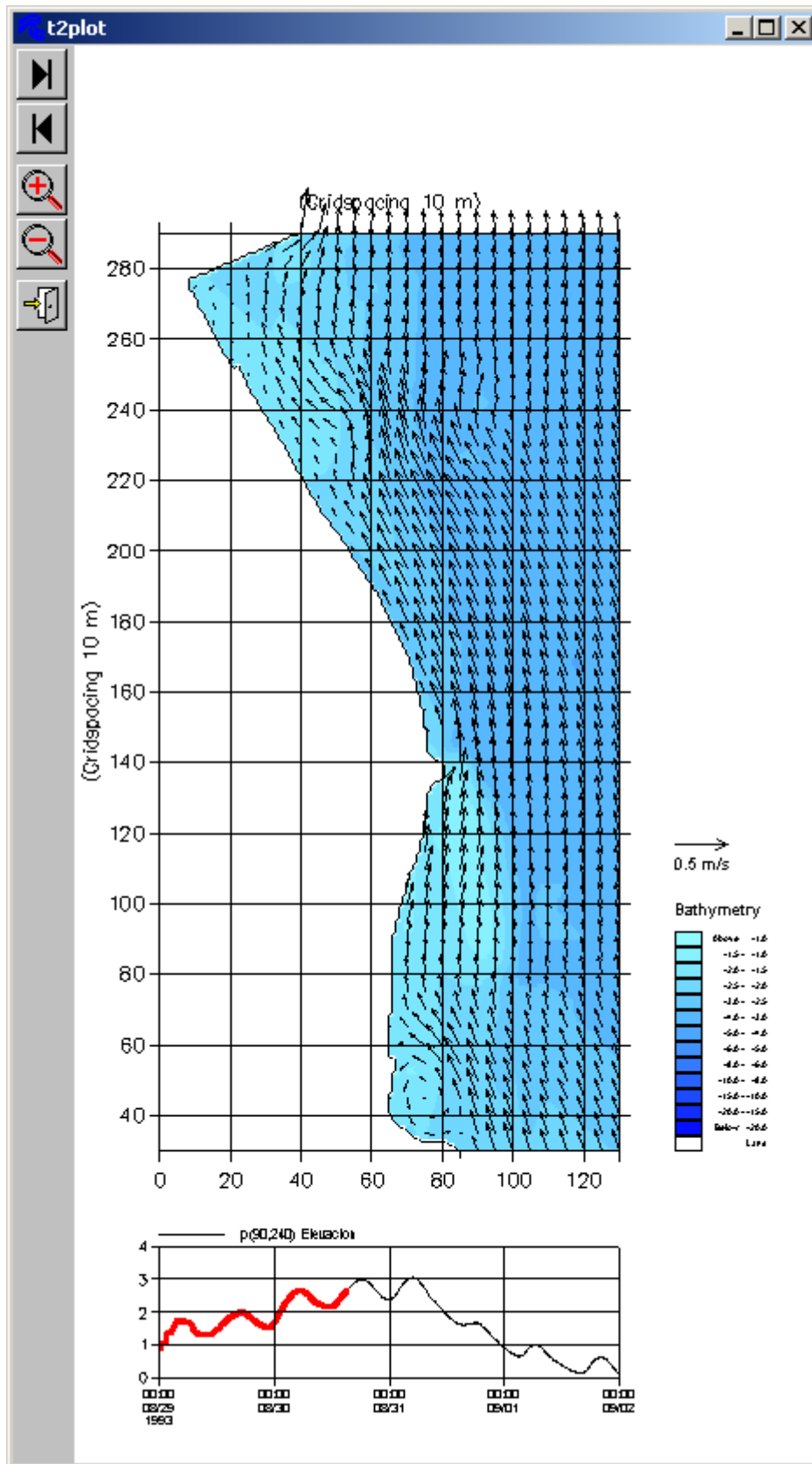


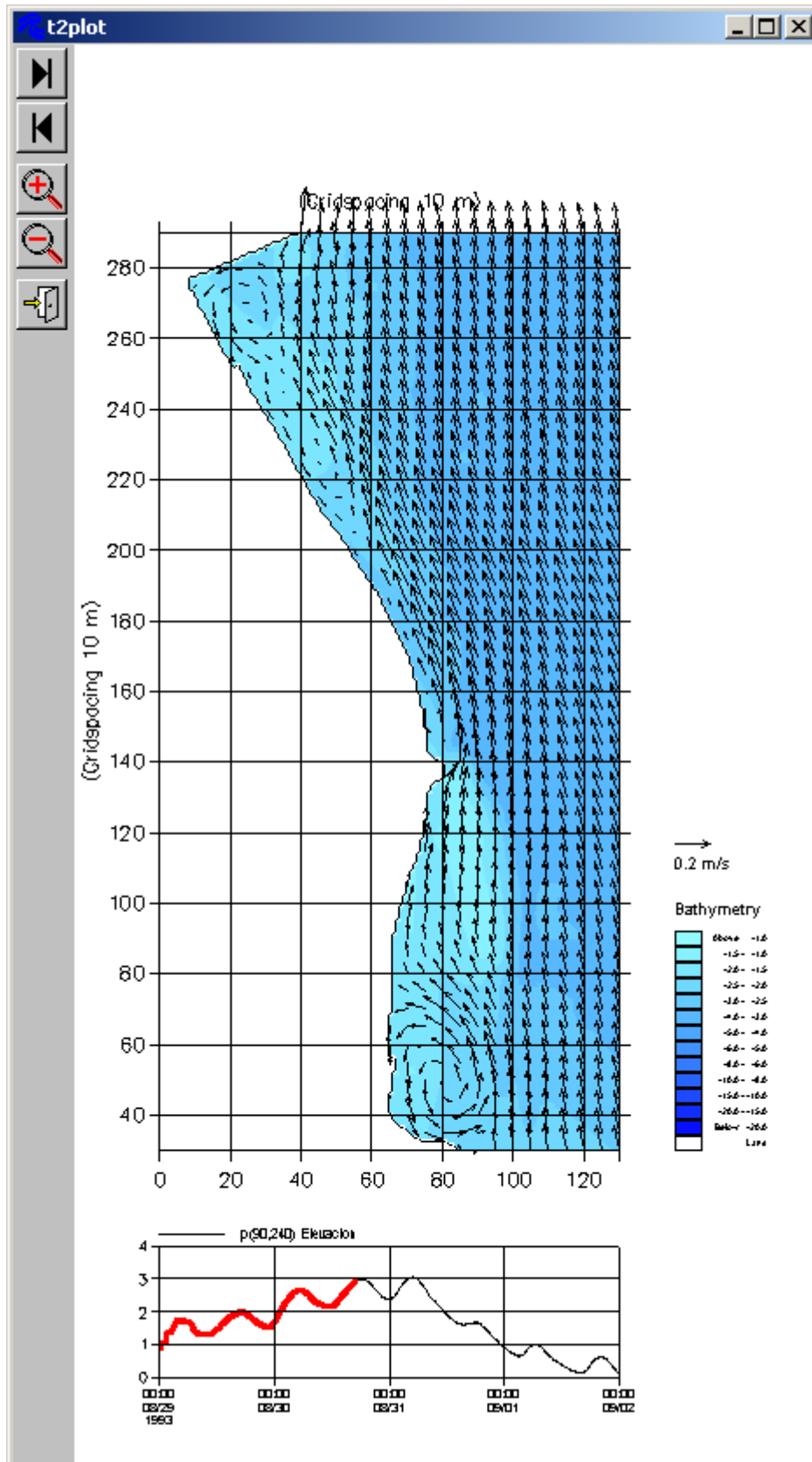


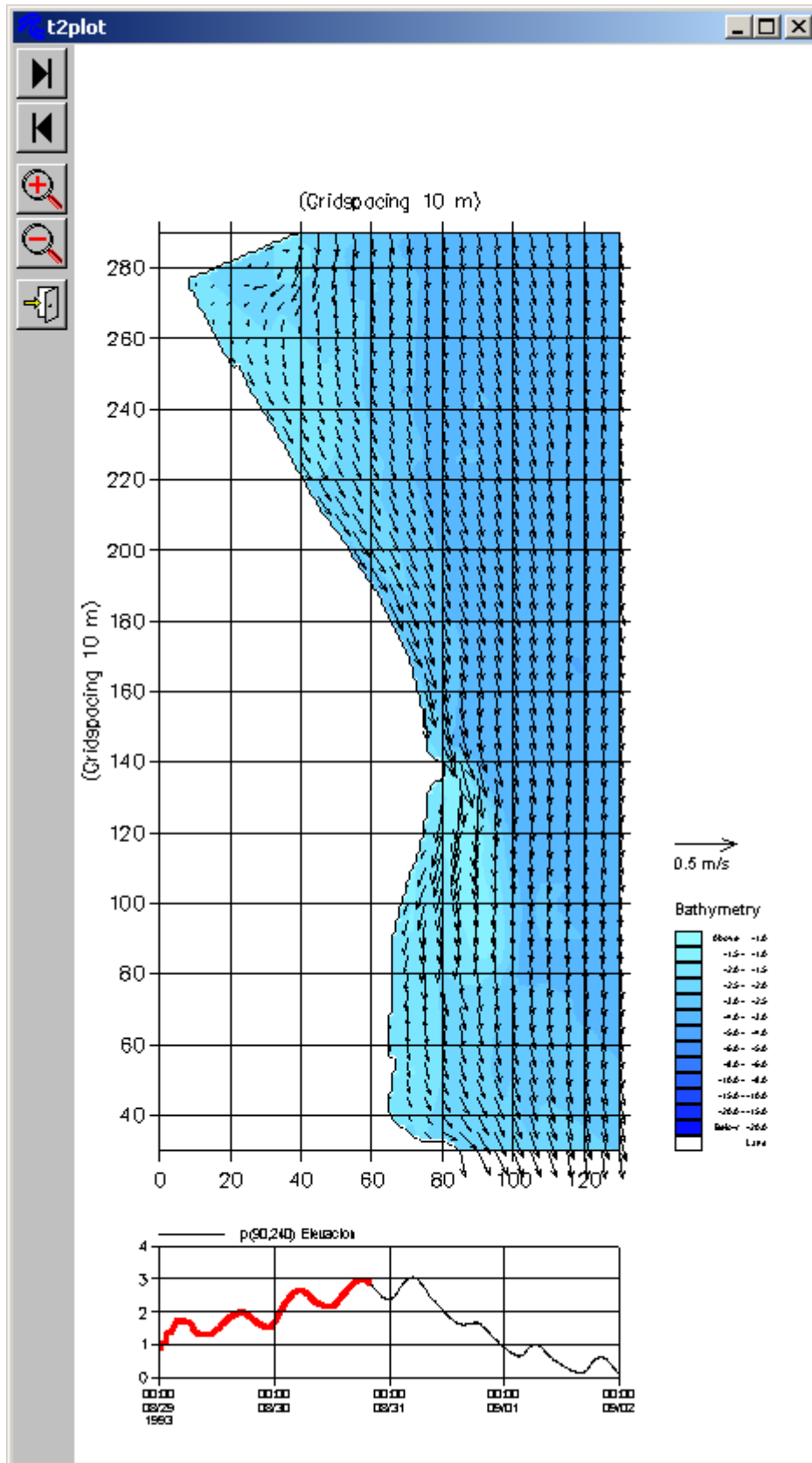


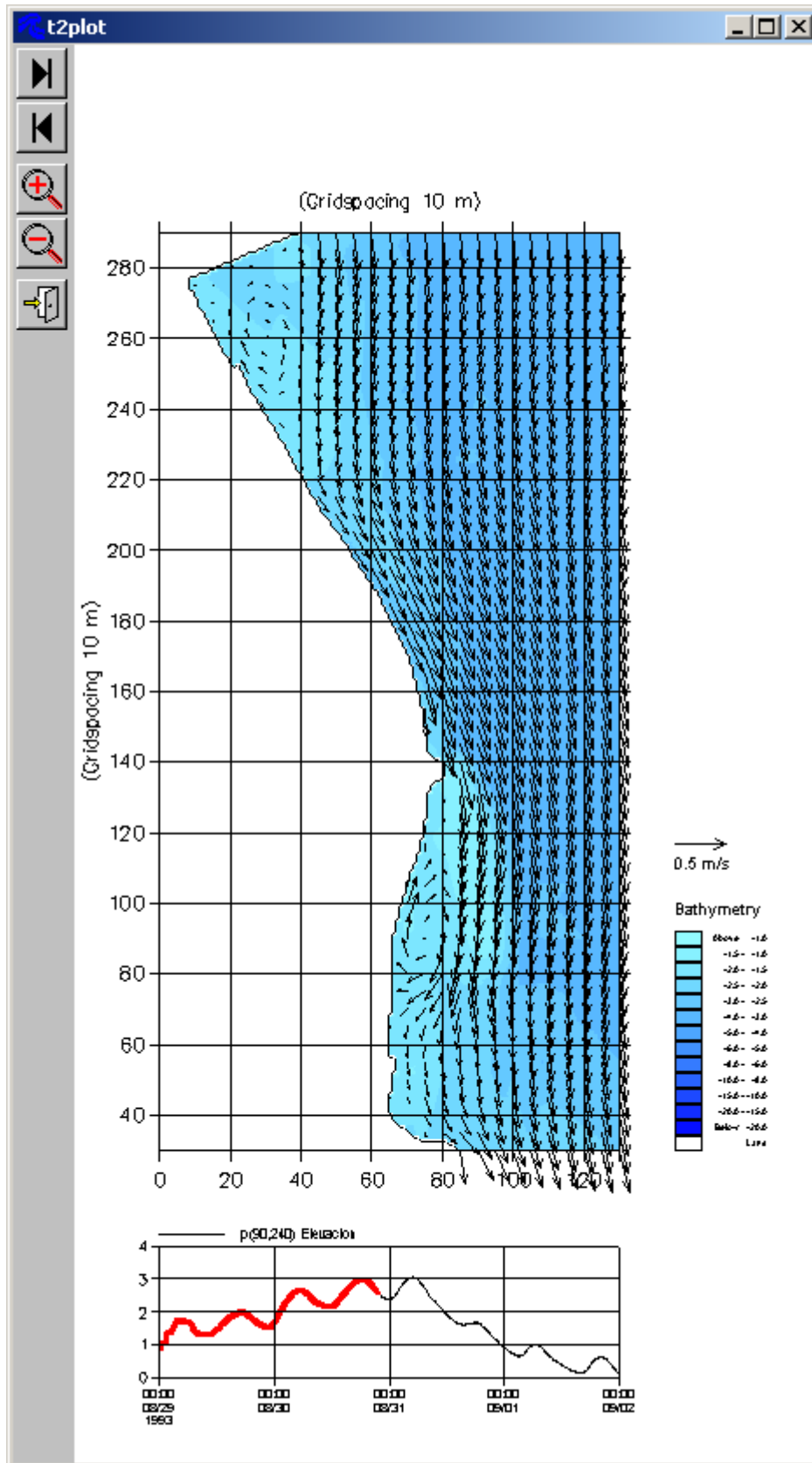


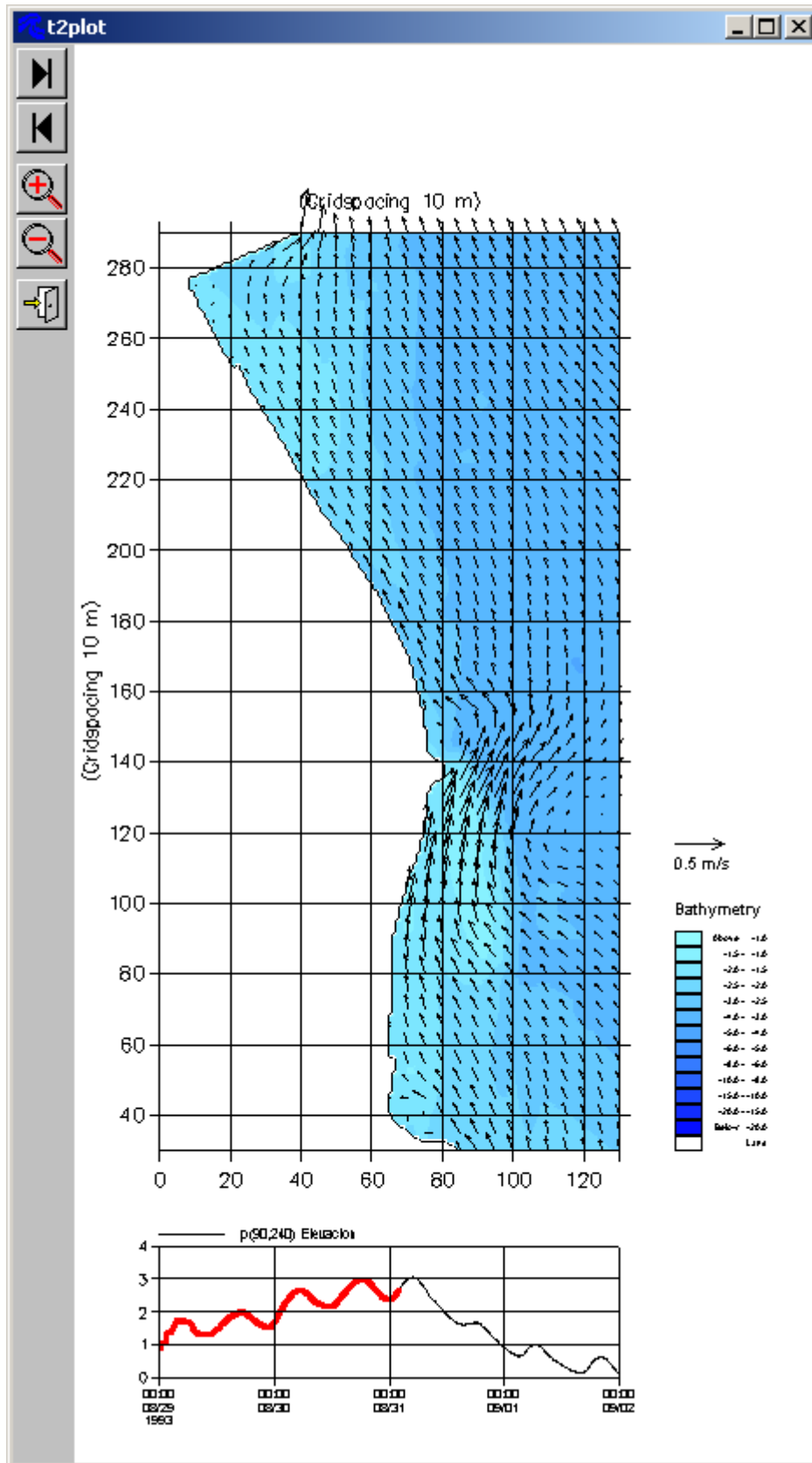
**4.4 Condición mareas sudestada / Situación con proyecto**

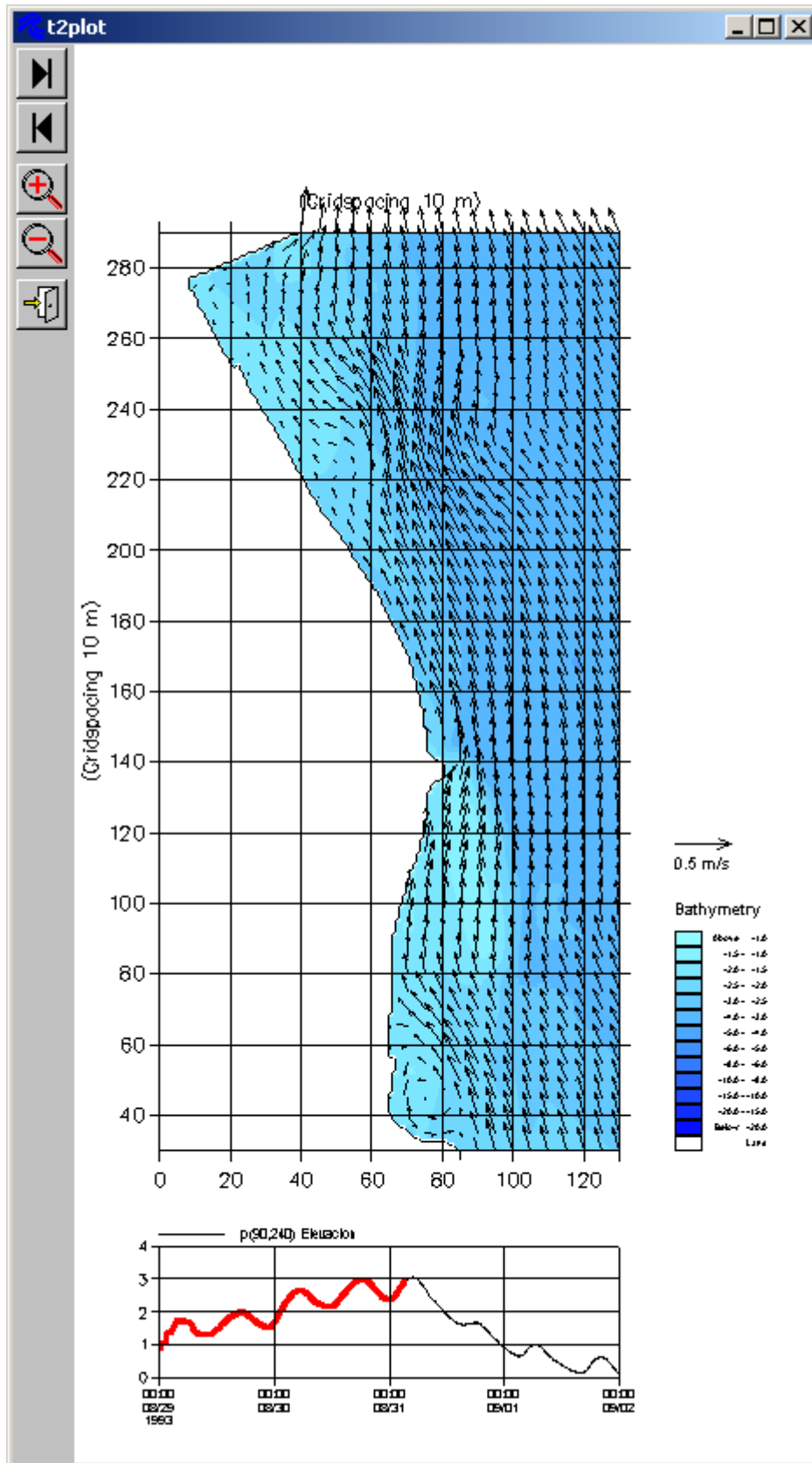


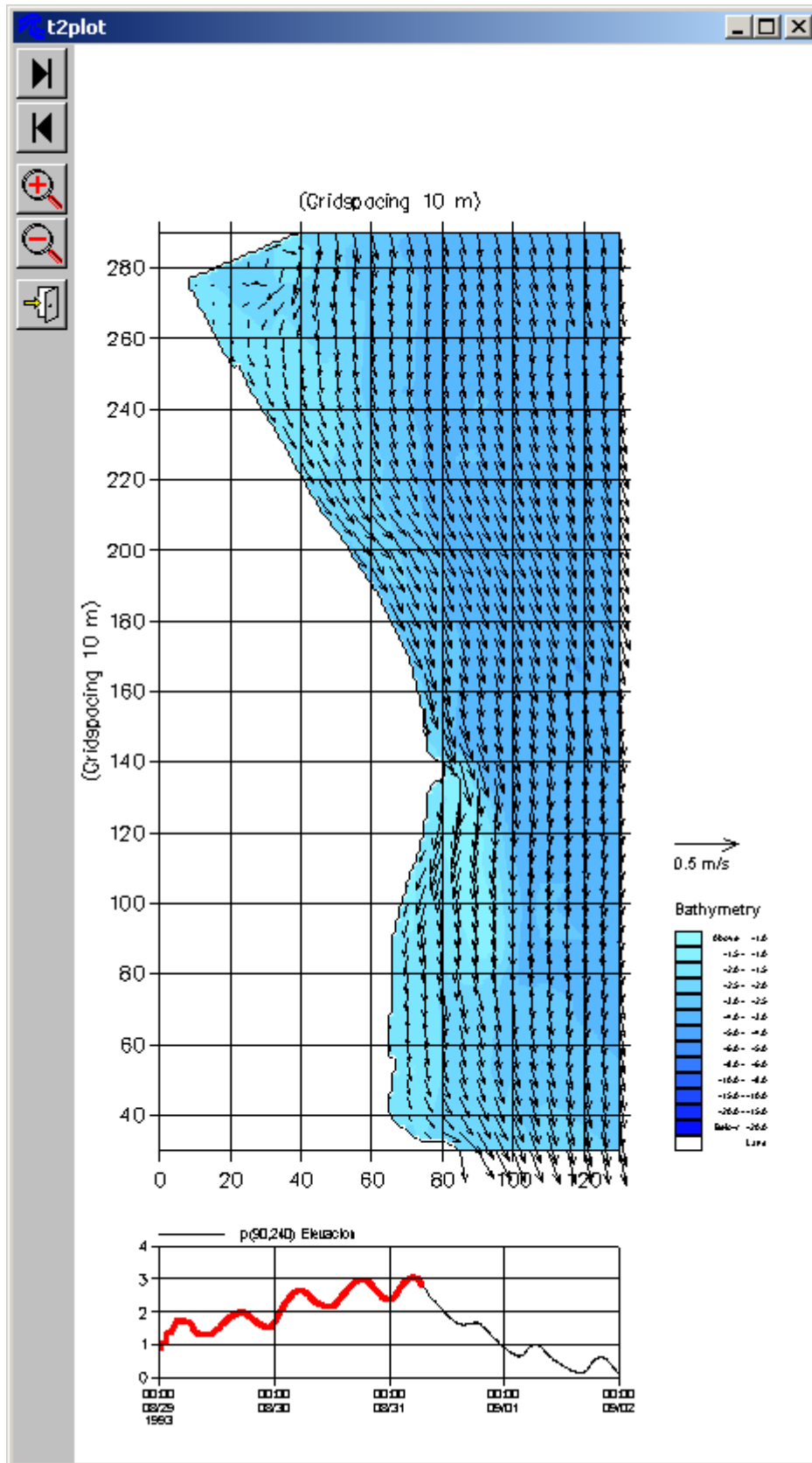




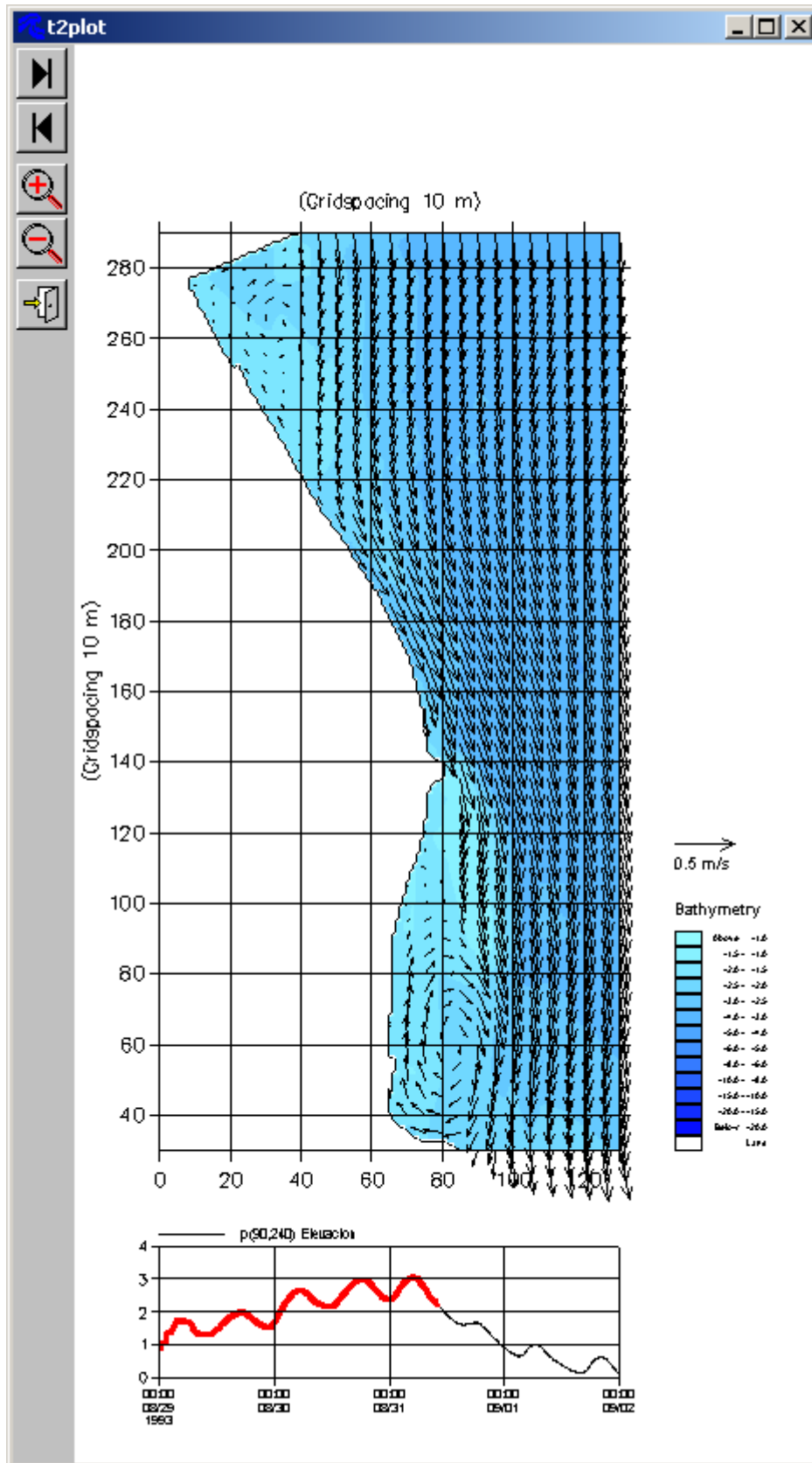


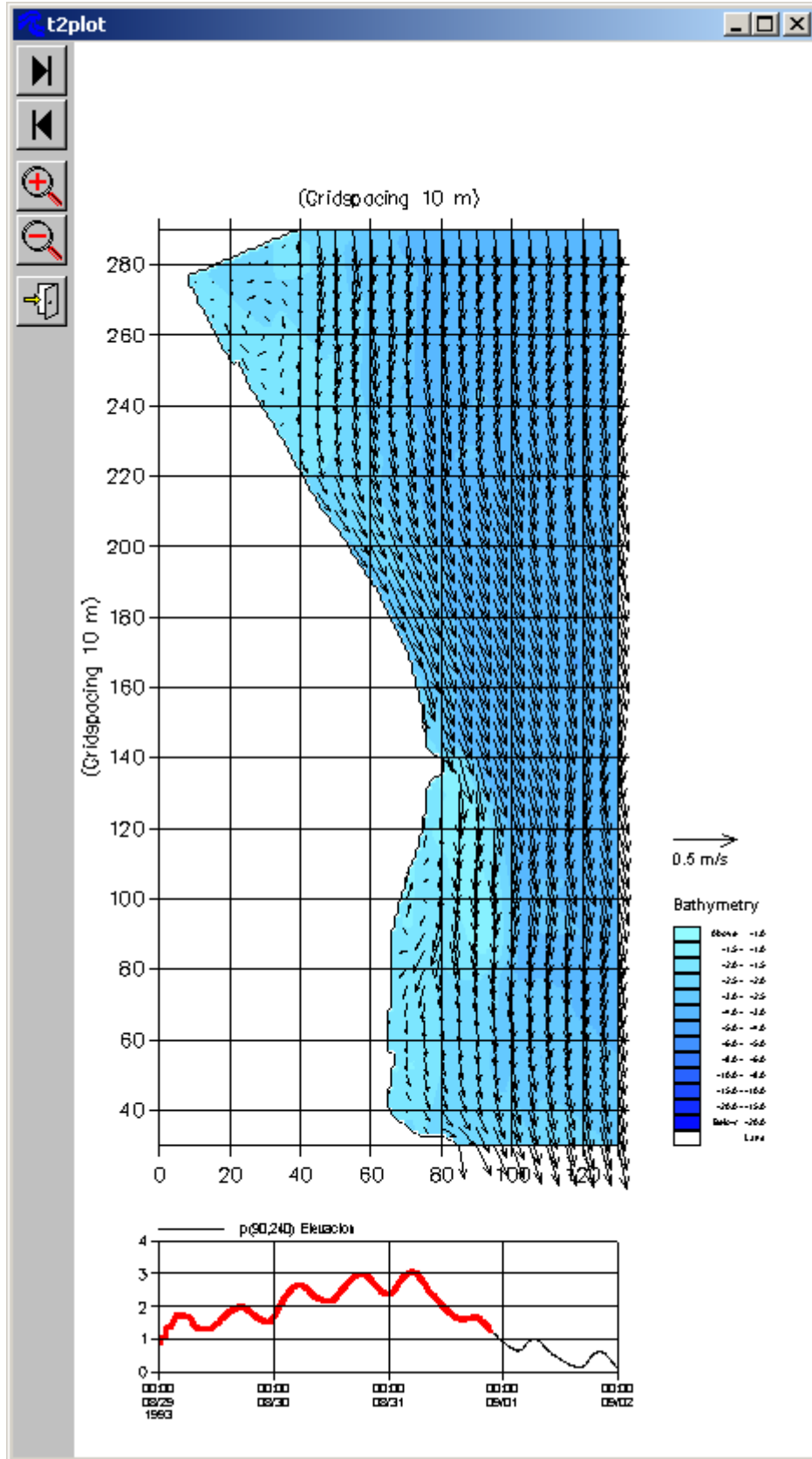












## 5. Efecto del A° Maldonado sobre el campo de velocidades

### Situación con proyecto

