



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# CARACTERIZACIÓN DE CUENCA Y EVALUACIÓN DE CONTINGENCIAS

## CRUCE OLEODUCTO PR-LP Y RÍO SALADO

ING. MARCELO GARCIA  
ING. RENZO MARZOLA



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# INTRODUCCIÓN



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



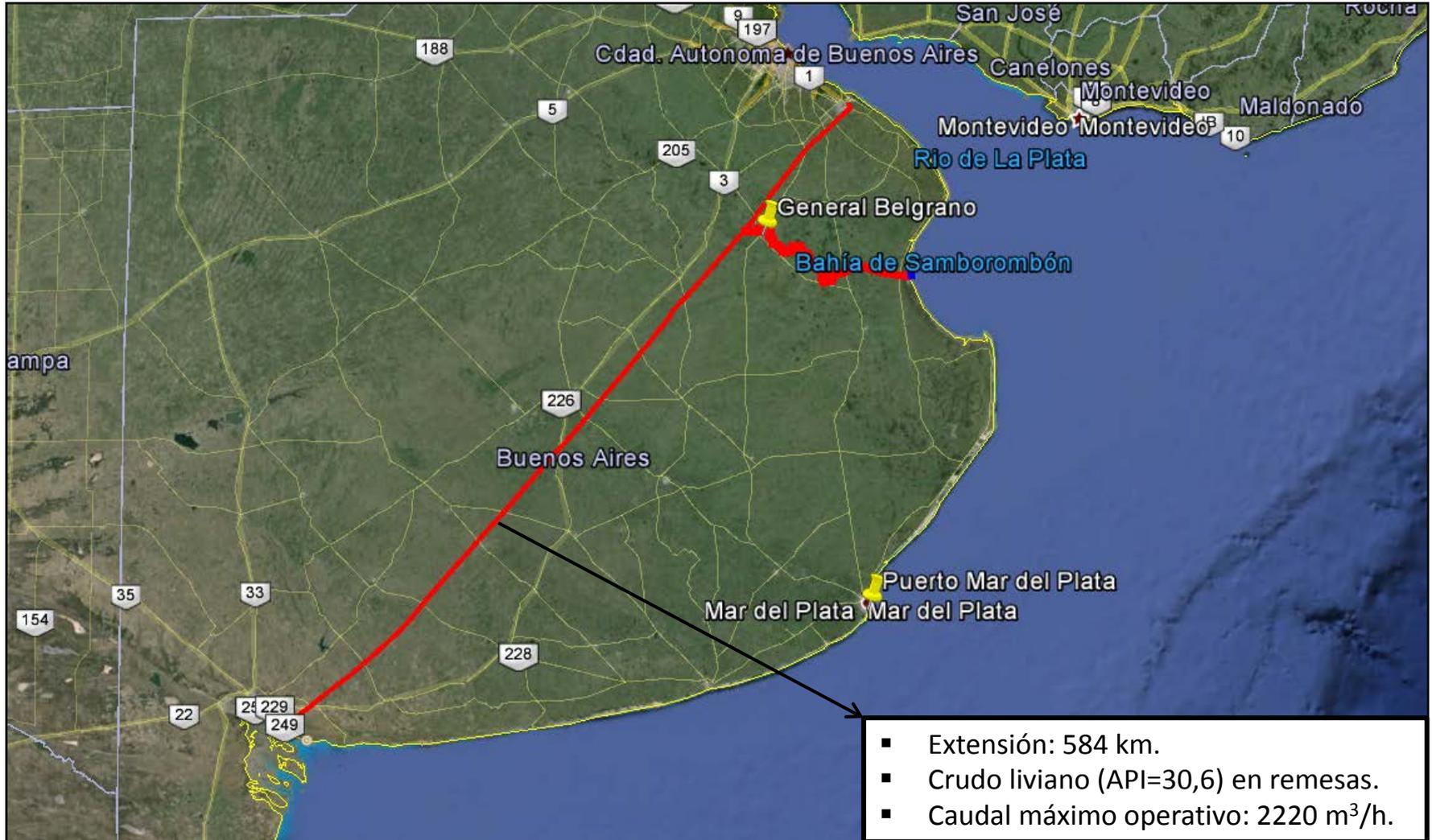
23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

## INTRODUCCIÓN

**YPF requiere optimizar su plan de contingencias considerando un potencial derrame de HC en el río Salado.**

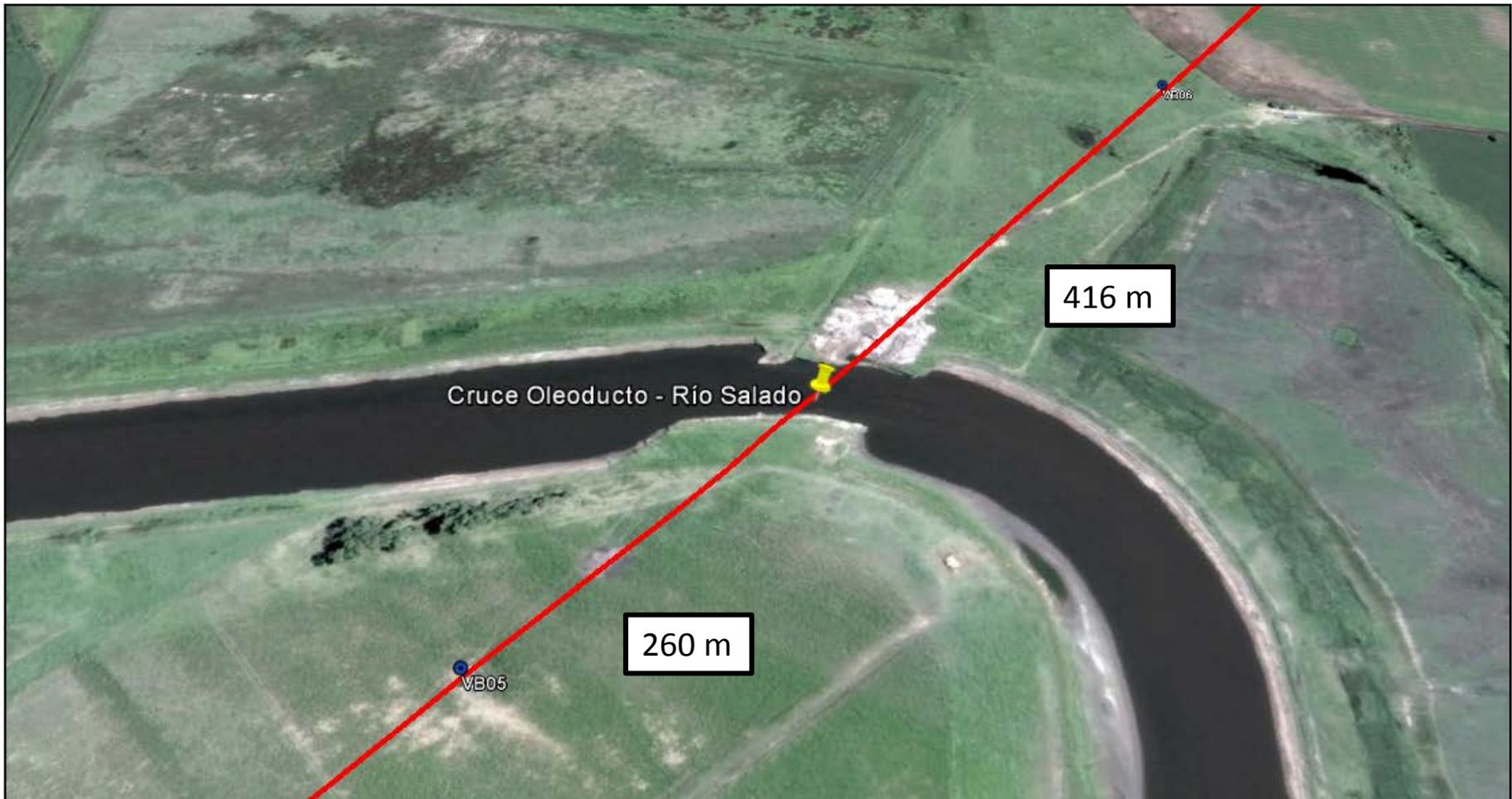


## INTRODUCCIÓN





## INTRODUCCIÓN



- Cruza al río Salado en forma subterránea.
- Posee válvulas de bloqueo antes y después del cruce con el río Salado (VB-05 y VB-06)



## INTRODUCCIÓN



- Distancia del cruce a la bahía de Samborombón: 190 km.
- Dos poblados (Belgrano – Villanueva) y áreas agrícolas-ganaderas.
- Uso del agua: recreativo y bebida de fauna autóctona. No posee uso industrial, ni agrícola-ganadero.



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

## INTRODUCCIÓN



Vista del río Salado



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

## INTRODUCCIÓN

**Cruce Dirigido**



**Válvula de Bloqueo 6**





3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

## OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO



## OBJETIVOS Y ALCANCE

- Caracterizar ambientalmente la cuenca del río Salado, con énfasis en el aspecto hidrológico.
- Conocer el comportamiento de un derrame de HC en el río Salado para una situación sin desborde del canal
- Evaluar el riesgo y el impacto ambiental.
- Identificar los puntos de acceso al río para el control de la contingencia.
- Optimizar el Plan de Contingencia.



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"

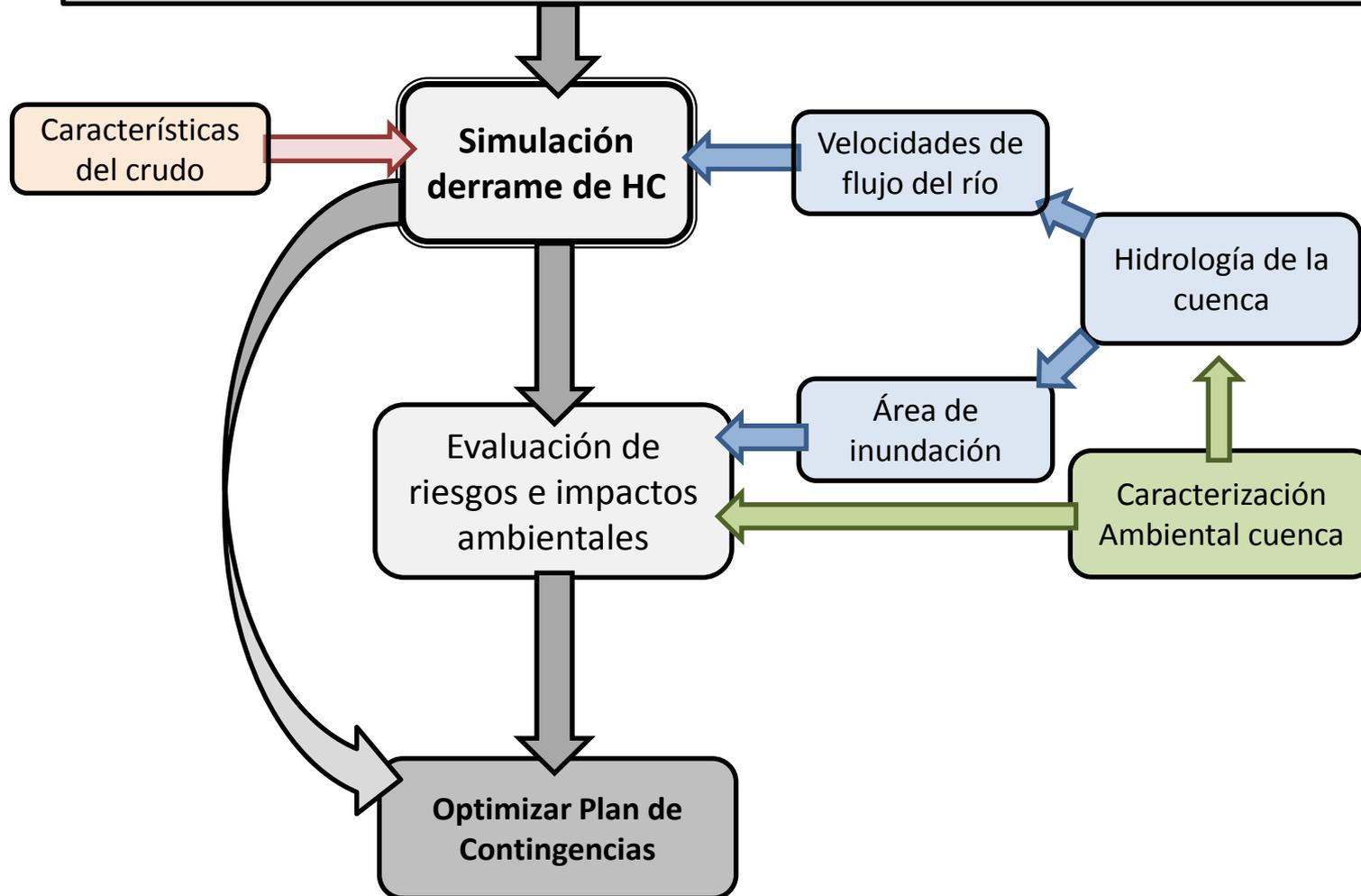


23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# METODOLOGÍA



# Entendimiento del fenómeno: ¿Qué sucede cuando el crudo se derrama en el río?





3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"

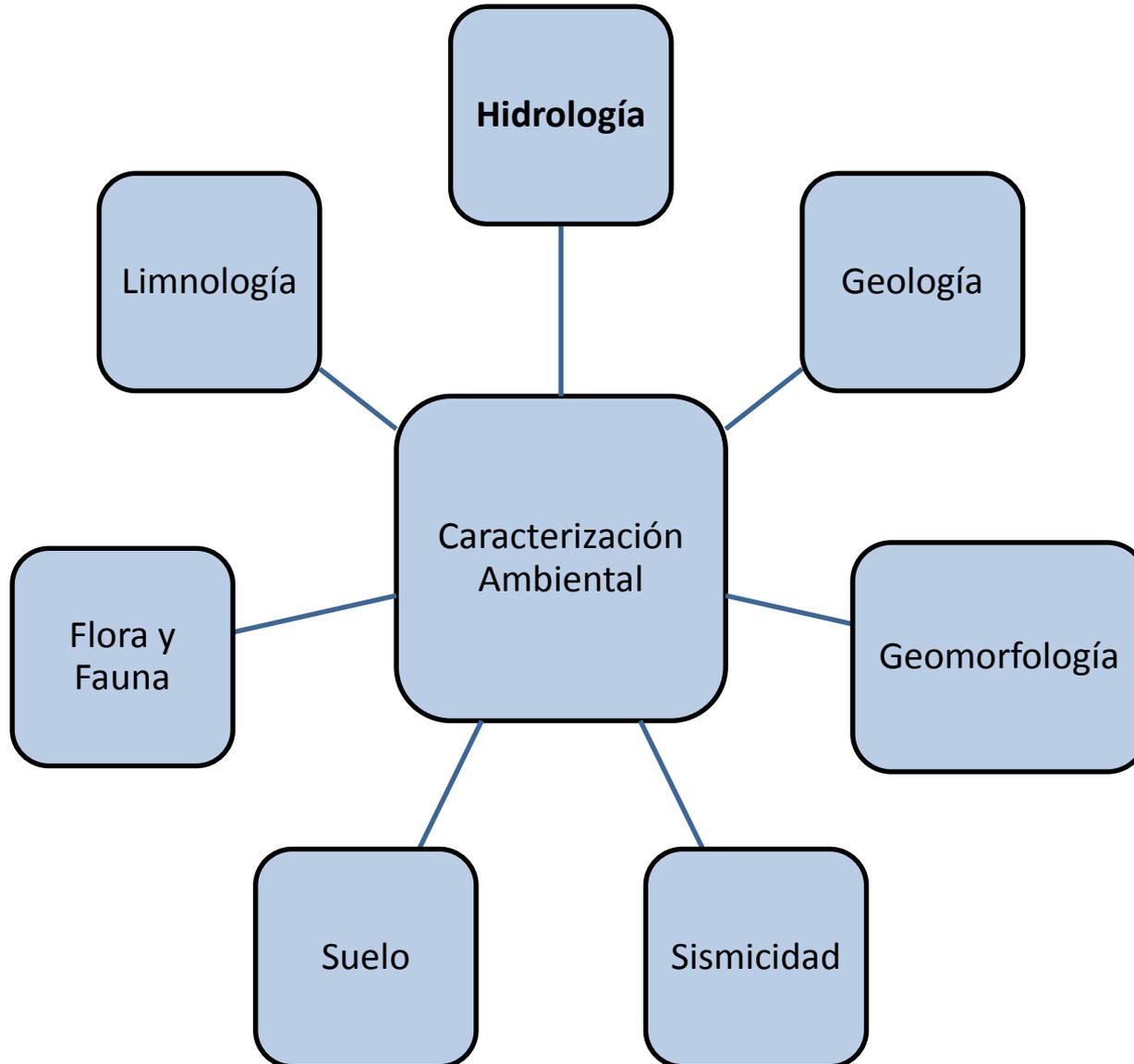


23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO SALADO



## CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA





## CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

### Delimitación de la cuenca efectiva de aporte





## CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

### Análisis Pluviométrico

- 8 Estaciones meteorológicas (1911 – 2015).

#### Estaciones meteorológicas

Estación meteorológica	Período de registro
Venado Tuerto	Mayo 1989 – abril 2015
Junín	Agosto 1958 – abril 2015
Nueve de Julio	Enero 1931 – abril 2015
Las Flores	Octubre 1987 – abril 2015
Bolívar	Enero 1953 – abril 2015
Azul	Enero 1911 – abril 2015
Olavarría	Noviembre 1987 – abril 2015
Tandil	Mayo 1948 – abril 2015

- Determinación de la PMP.
- Determinación de la IMP.
- Análisis del escurrimiento del canal de descarga.



## CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

### Escorrimento del canal de descarga

Parámetros de escurrimiento – Tiraje normal

Tirante h (m)	Radio Hid. (m)	Velocidad		Caudal (m <sup>3</sup> /s)
		m/s	km/h	
0,1	0,1	0,12	0,432	1,22
0,5	0,49	0,35	1,26	17,83
1	0,98	0,56	2,016	56,64
1,5	1,46	0,73	2,628	111,41
1,75	1,69	0,8	2,88	144,1
2	1,92	0,87	3,132	180,11
2,5	2,38	1,01	3,636	261,5
3	2,83	1,13	4,068	354,73
3,5	3,27	1,25	4,5	459,18
4	3,71	1,35	4,86	574,35

Situaciones simuladas

$h = 4 \text{ m}$   $\longrightarrow$  precipitación = 10 mm

No se produce desborde del canal

La velocidad de escurrimiento se encuentra gobernada por la pendiente del canal.

Velocidades muy bajas.

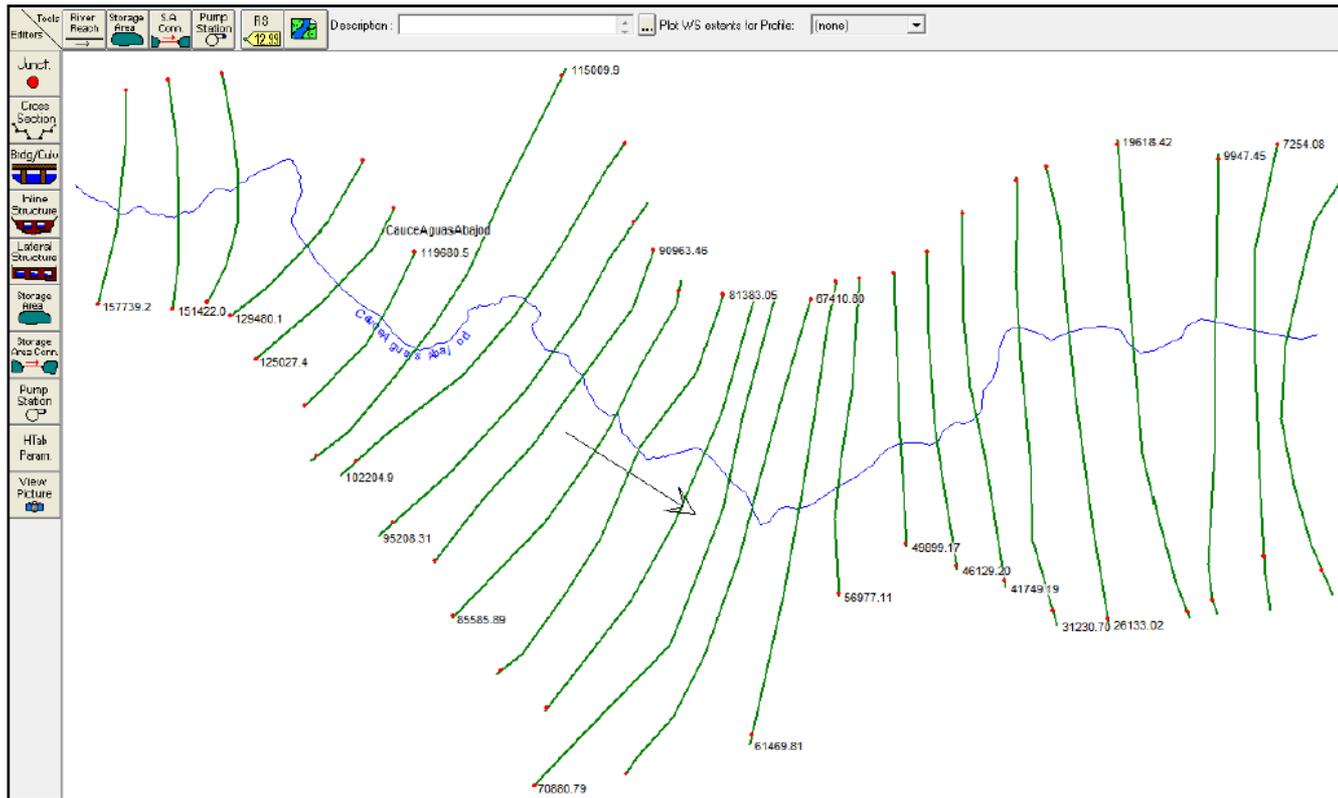
$h=4 \text{ m}$  velocidad = 1,35 m/s



## CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

### Área de inundación

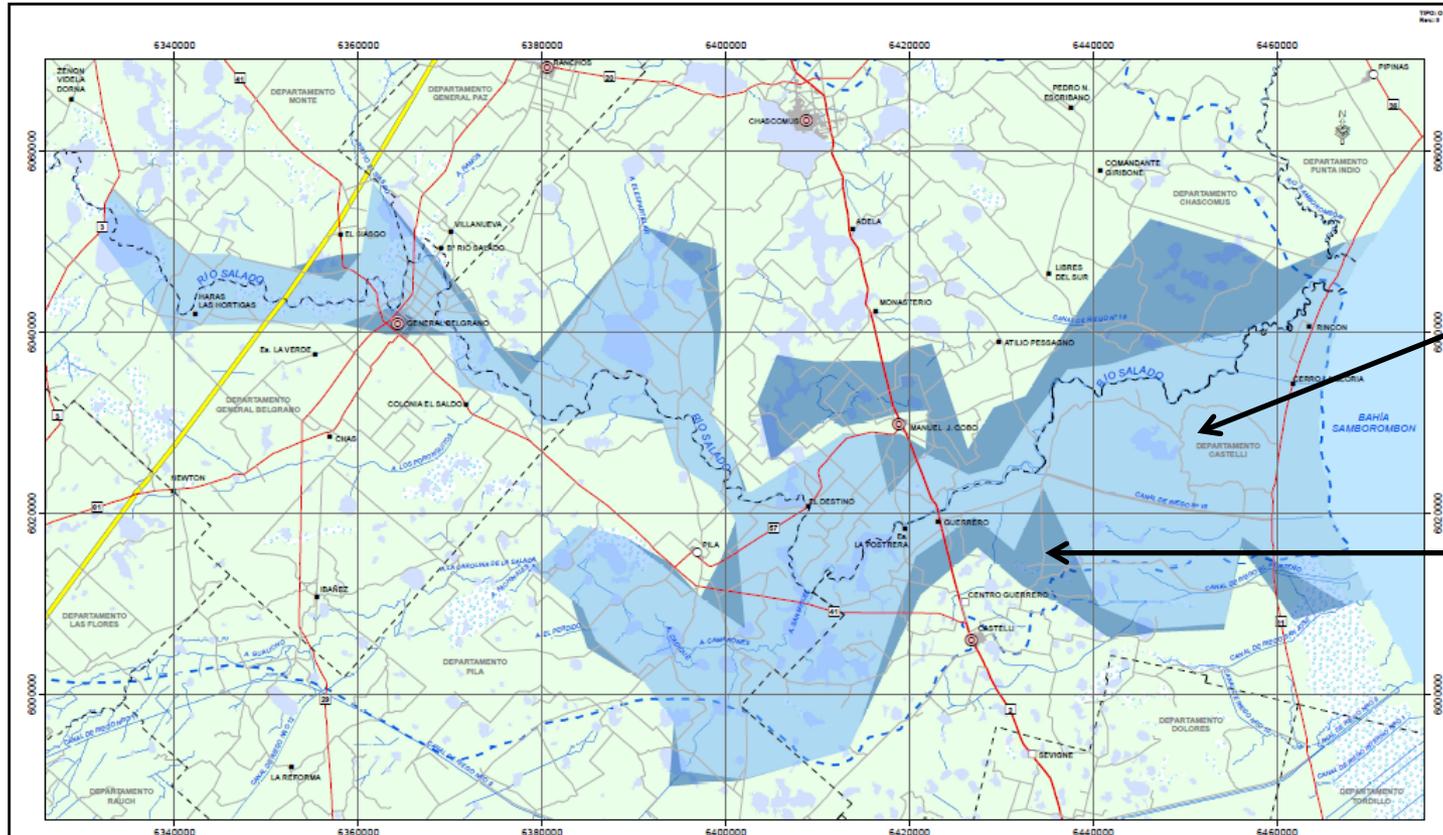
- Se utilizó el Modelo HEC-RAS y precipitaciones de TR=25 años y TR= 50 años.
- Resolución del modelo de elevación: 90 m<sup>2</sup>/píxel.





# CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

## Área de inundación



**TR=25 años**  
Sup.= 244.585,48 ha

**TR=50 años**  
Sup.= 323.810,32 ha

Áreas Inundadas	Centros Poblados	Infraestructura	Hidrografía	Limite
TR = 25 años	Ciudad	Autopista	Cursos de Agua	Departamental
TR = 50 años	Localidad	Ruta	Bañado	Provincia Buenos Aires
Obras e Instalaciones	Caserío	Camino	Laguna	
Oleoducto	Paraje		Cuenca Río Salado	
	Barrio			
	Eldos Urbanos			

YPF S.A.  
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE CUENCA Y EVALUACIÓN DE CONTINGENCIAS DEL CRUCE OLEODUCTO PUERTO ROSALES-LA PLATA Y RIO SALADO  
ÁREAS INUNDADAS TR = 25 AÑOS Y TR = 50 AÑOS

Worco de Referencia: Poagar 94  
Escala: WGS 84  
Datum: WGS 84

Proyección: Gauss Krüger,  
Página: 6

**Knight Piésold**  
CONSULTING

Fecha: Octubre, 2016  
Escala: 1:400.000  
M2303-0008/06



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



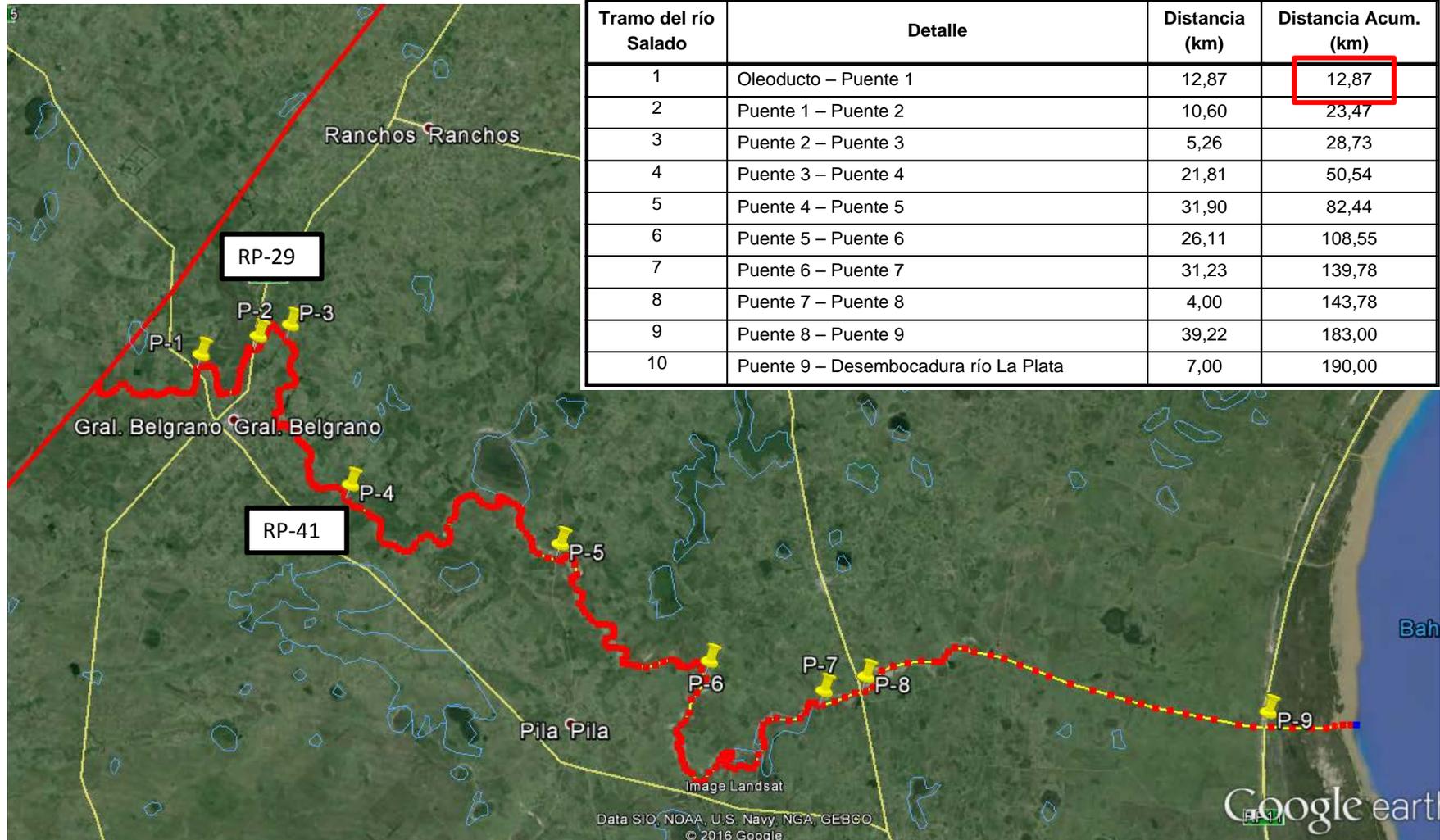
23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# PUNTOS DE ACCESO AL RÍO



# MODELACIÓN DEL DERRAME

## Sectorización del río Salado





3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# MODELACIÓN DEL DERRAME DE CRUDO



## MODELACIÓN DEL DERRAME

### PARA QUÉ MODELAMOS ?

Para conocer:

- La velocidad de avance de la mancha de HC.
- El HC remanente en cada tramo.

### QUÉ MODELAMOS ?

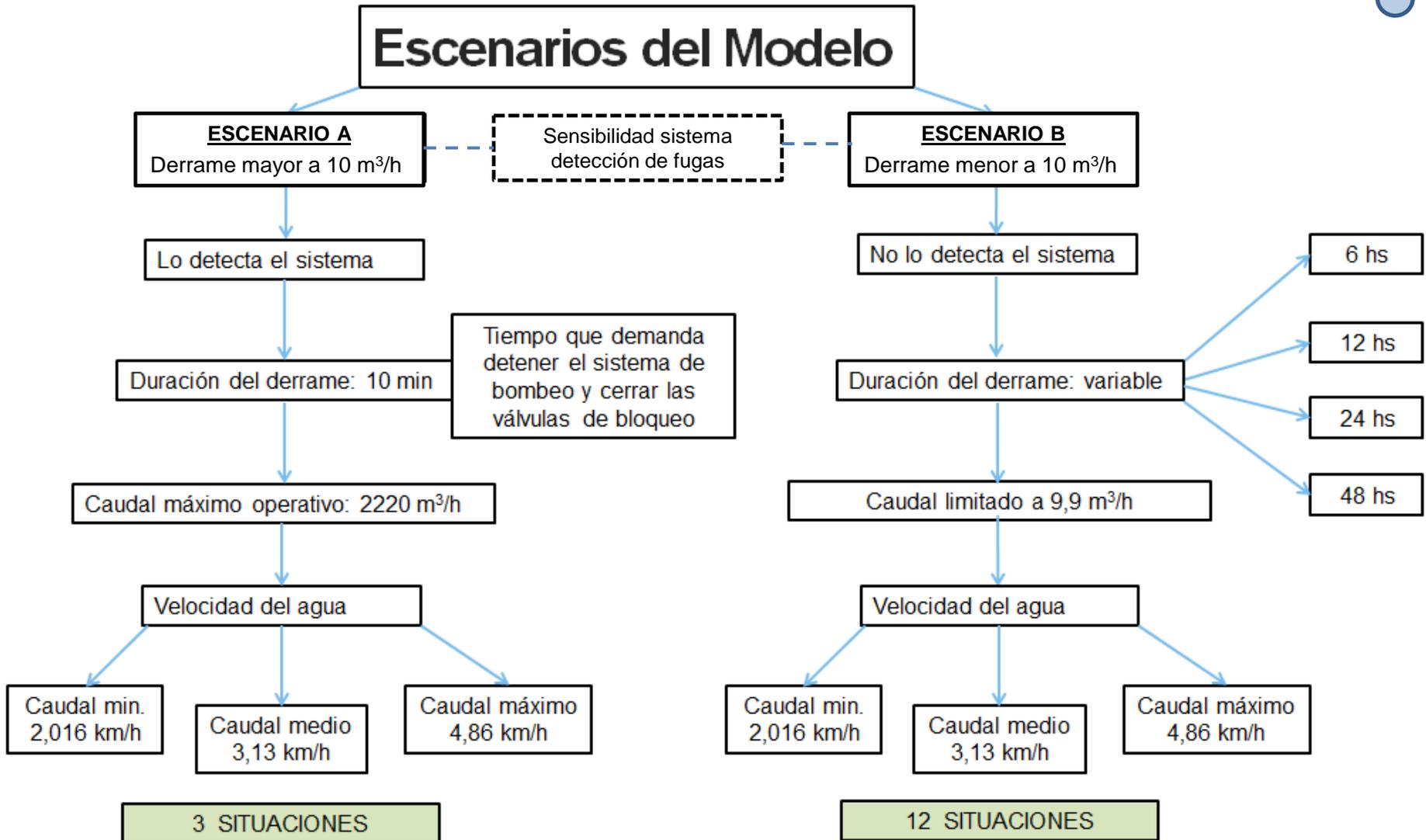
- La transformación de una mancha de petróleo incluyendo los fenómenos de:
  - Advección (transporte en el agua).
  - Dispersión.
  - Evaporación.
  - Emulsificación.
  - Cambios en densidad y en viscosidad.
- La adherencia de HC a los bordes del río.

Modelo ADIOS II - Versión 2.0.8  
US Department of Commerce.

Modelo Matemático  
Knight Piesold Argentina



# MODELACIÓN DEL DERRAME





## MODELACIÓN DEL DERRAME

### CONFIGURACIÓN DEL MODELO ADIOS II

#### Tipo de Hidrocarburo:

- Producto: Crudo.
- API: 30,6.
- Punto de vertido: (-) 6 °C.
- Punto de inflamabilidad: 10 °C.
- Densidad: 0,875 g/cc a 14 °C.
- Viscosidad: 93,7 a 14 °C.

**Emulsificación:** Se inicia el proceso cuando la evaporación del HC alcanza el 11 %.

**Viento:** Constante a 3,2 km/h (2 milla/h).

**Altura de las olas:** 0,03 m

#### Propiedades del agua:

- Temperatura: 14 °C.
- Salinidad: 15 ppt (g/kg) – promedio para ríos y estuarios.
- Sedimentos: 50 mg/L – promedio para ríos y estuarios.
- Velocidad de la corriente: 2,016 km/h - 3,13 km/h - 4,86 km/h.

**Volumen del derrame:** Variable en función del tiempo que dura el evento y el caudal de HC derramado.



## MODELACIÓN DEL DERRAME

### CONFIGURACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO – ADHERENCIA A BORDES

- **Espesor de HC retenido en la ribera : 1 mm.**
- **Superficie de la ribera susceptible de ser impactado por el HC: Variable**
  - Velocidad del río: genera turbulencia en la ribera
  - Concentración de HC: disminuye con el paso del tiempo.





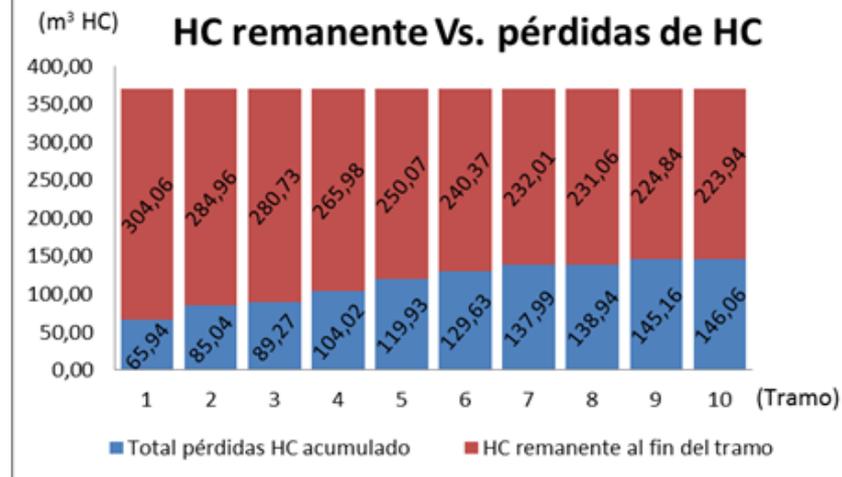
# MODELACIÓN DEL DERRAME

## SALIDA DEL MODELO

### Situación A1

Tramo	Distancia (km)	Distancia Acumulada (km)	Velocidad promedio del flujo (km/h)	Tiempo de recorrido (hs)	Tiempo de recorrido acumulado (hs)	Pérdidas de HC			Total pérdidas acumulado (m3)	HC remanente al fin del tramo (m3)	HC remanente al fin del tramo (%)
						Adherencia a bordes (m3)	Evaporación (m3)	Total pérdidas (m3)			
1	12,87	12,87	2,016	6,38	6,38	3,35	62,59096	65,94	65,94	304,06	82,18%
2	10,60	23,47	2,016	5,26	11,64	2,61	16,49253	19,10	85,04	284,96	77,02%
3	5,26	28,73	2,016	2,61	14,25	1,26	2,97058	4,23	89,27	280,73	75,87%
4	21,81	50,54	2,016	10,82	25,07	4,59	10,16840	14,75	104,02	265,98	71,89%
5	31,90	82,44	2,016	15,82	40,89	5,36	10,54443	15,91	119,93	250,07	67,59%
6	26,11	108,55	2,016	12,95	53,84	3,49	6,22006	9,71	129,63	240,37	64,96%
7	31,23	139,78	2,016	15,49	69,34	2,88	5,46927	8,35	137,99	232,01	62,71%
8	4,00	143,78	2,016	1,98	71,32	0,35	0,60454	0,95	138,94	231,06	62,45%
9	39,22	183	2,016	19,45	90,77	1,38	4,83936	6,22	145,16	224,84	60,77%
10	7,00	190	2,016	3,47	94,25	0,18	0,71347	0,90	146,06	223,94	60,53%

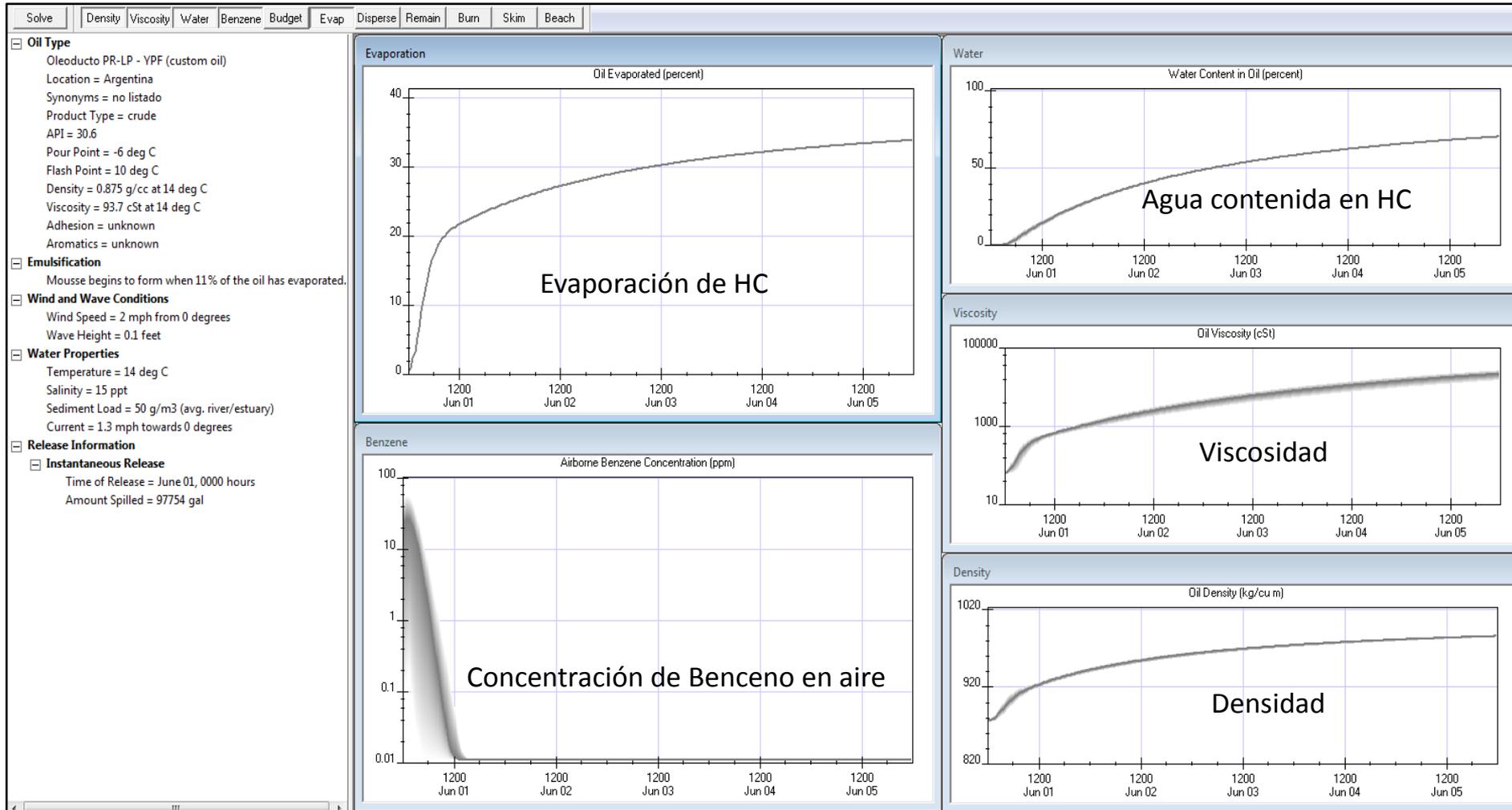
- Derrame detectable por el sistema de detección de fugas.
- Duración del derrame: 10 min.
- Caudal de derrame: 2220 m<sup>3</sup>/h.
- Volumen de derrame: 370 m<sup>3</sup>.
- Velocidad del agua del río: 2,016 km/h.
- Caudal del río: 56,64 m<sup>3</sup>/s (caudal mínimo).
- Tirante crítico: 1 m.





# MODELACIÓN DEL DERRAME

## SALIDA DEL MODELO





# MODELACIÓN DEL DERRAME

## RESULTADOS ESCENARIO "A"

Tramo	Tiempo de recorrido (hs)	Pérdidas de HC		
		Adherencia a bordes (m3)	Evaporación (m3)	Total pérdidas (m3)
1	6,38	3,3	62,6	65,9
2	5,26	2,6	16,5	19,1
3	2,61	1,3	3,0	4,2
4	10,82	4,6	10,2	14,8
5	15,82	5,4	10,5	15,9
6	12,95	3,5	6,2	9,7
7	15,49	2,9	5,5	8,4
8	1,98	0,3	0,6	1,0
9	19,45	1,4	4,8	6,2
10	3,47	0,2	0,7	0,9

19 veces

6 veces

### Evaporación VS adherencia a bordes

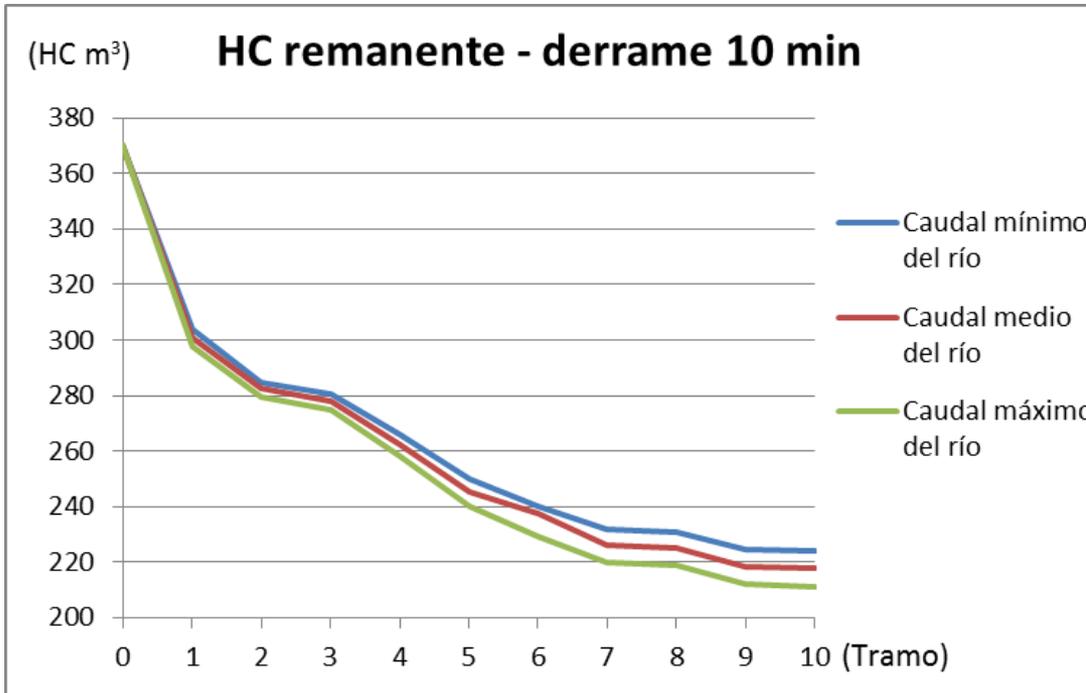
### Efecto de la velocidad en las pérdidas de HC

Tramo	HC remanente al fin del tramo (%)		
	Velocidad mín. (2,02 km/h)	Velocidad media (3,132 km/h)	Velocidad máx. (4,86 km/h)
1,00	82,18%	81,32%	80,43%
2,00	77,02%	76,36%	75,61%
3,00	75,87%	75,14%	74,35%
4,00	71,89%	70,87%	69,83%
5,00	67,59%	66,28%	64,94%
6,00	64,96%	64,18%	61,95%
7,00	62,71%	61,08%	59,41%
8,00	62,45%	60,81%	59,11%
9,00	60,77%	59,07%	57,31%
10,00	60,53%	58,82%	57,05%

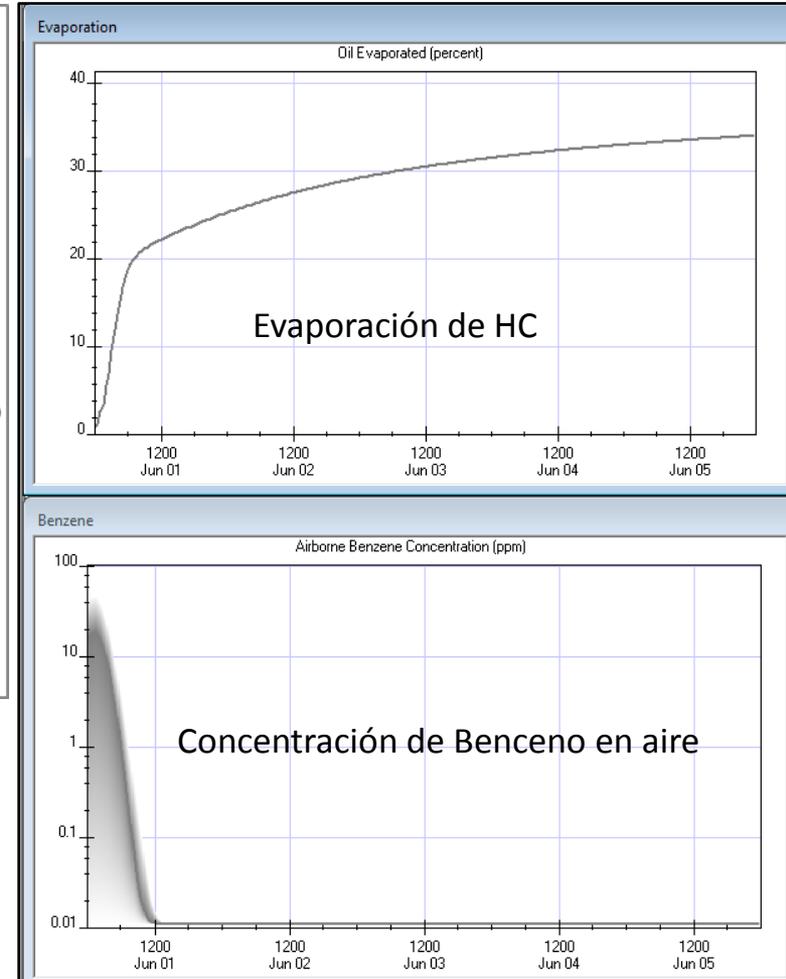


## RESULTADOS

- **Escenario A:** derrame mayor a  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  durante 10 min.



- Las pérdidas totales de HC en el final del tramo N° 10 representan entre el 40% y el 43%. De este porcentaje, aproximadamente el 50 % se pierde en el tramo N° 1.
- El incremento en la velocidad del agua del río incrementa levemente las pérdidas totales de HC





# MODELACIÓN DEL DERRAME

## RESULTADOS

Tiempos de respuesta para atender la contingencia:

Tramo	Tiempo de recorrido acumulado (hs)		
	Velocidad mín. (2,02 km/h)	Velocidad media (3,132 km/h)	Velocidad máx. (4,86 km/h)
1,00	6,38	4,11	2,65
2,00	11,64	7,49	4,83
3,00	14,25	9,17	5,91
4,00	25,07	16,14	10,40
5,00	40,89	26,32	16,96
6,00	53,84	34,66	22,34
7,00	69,34	44,63	28,76
8,00	71,32	45,91	29,58
9,00	90,77	58,43	37,65
10,00	94,25	60,66	39,09

Situación más favorable

Situación más desfavorable

El área de sacrificio ambiental se incrementa por unidad de tiempo.



## RESULTADOS

### CONCLUSIONES DE LA SIMULACIÓN

- A mayor velocidad del río:
  - Disminuye el tiempo de respuesta para contener el derrame.
  - El área de sacrificio ambiental se incrementa por unidad de tiempo.
- La evaporación tiene un efecto predominante en la pérdida de HC.
- La variación en la velocidad del agua tiene un efecto poco significativo sobre la pérdida de HC.



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# EVALUACIÓN AMBIENTAL



## IMPACTO AMBIENTAL

### Metodología de evaluación: Conesa Fernandez Vítora

#### Matriz de Leopold - Relaciones causa-efecto

Impacto Negativo crítico	Calidad del agua y fauna acuática
Impacto Negativo severo	Afectación de la fauna terrestre
Impacto Negativo moderado	Calidad del suelo,
	Afectación de la flora,
	Contaminación con gases, olores, y partículas en suspensión
	Unidades de paisaje, Economía local y regional.



## RIESGO AMBIENTAL

$$DR = P \times E \times C$$

Dónde:

**DR:** Dimensión del Riesgo

**P:** Probabilidad (posibilidad de ocurrencia del riesgo identificado).

**E:** Exposición (relaciona con el contacto o acercamiento al riesgo).

**C:** Consecuencias (considera la gravedad derivada del suceso).

Tipo de derrame	Receptor	Medio Ambiente	Ser Humano	Bienes Materiales
	Derrame menor a 10 m <sup>3</sup> /h - sin desborde		RIESGO ALTO	RIESGO ALTO



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIAS



## APLICACION

Punto óptimo de contención del derrame: RP-41

Tiempo de respuesta de la Brigada de Emergencia ➡ tiempo de avance de la mancha.  
Situación mas desfavorable: 2,65 hs

Contar con un sistema (on line) de aforo de caudal / velocidad en el río.

Derrames no detectados: contar con un sistema (on-line) de medición de HC en agua

Equipamiento Brigada Emergencia capaz de contener 370 m<sup>3</sup> de HC

Desarrollar un plan de mitigación y remediación de impactos.



3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de  
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente  
en la Industria del Petróleo y del Gas  
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"



23 - 26 Agosto 2016  
Sheraton Hotel Buenos Aires

# FIN DE LA PRESENTACIÓN

# MUCHAS GRACIAS