

# **EVOLUCION ESPERADA DE LA PRODUCCION DEL YACIMIENTO DE VACA MUERTA**

**Dr. Ing. Raul Bertero**

**UBA – Academia Nacional de Ingeniería**

# EVOLUCION ESPERADA DE LA PRODUCCION DEL YACIMIENTO DE VACA MUERTA

- Objeto y Alcance
- Contexto Conceptual
- Resumen metodológico
- Evolución esperada de la cantidad de pozos, etapas de fractura y requerimientos de inversión
- Requerimientos de materiales y servicios
- Requerimientos de infraestructura
- Requerimiento de recursos humanos
- Conclusiones y recomendaciones

<http://www.enernews.com/nota/275083/video-ypf-y-la-extraccion-shale-en-vaca-muerta>

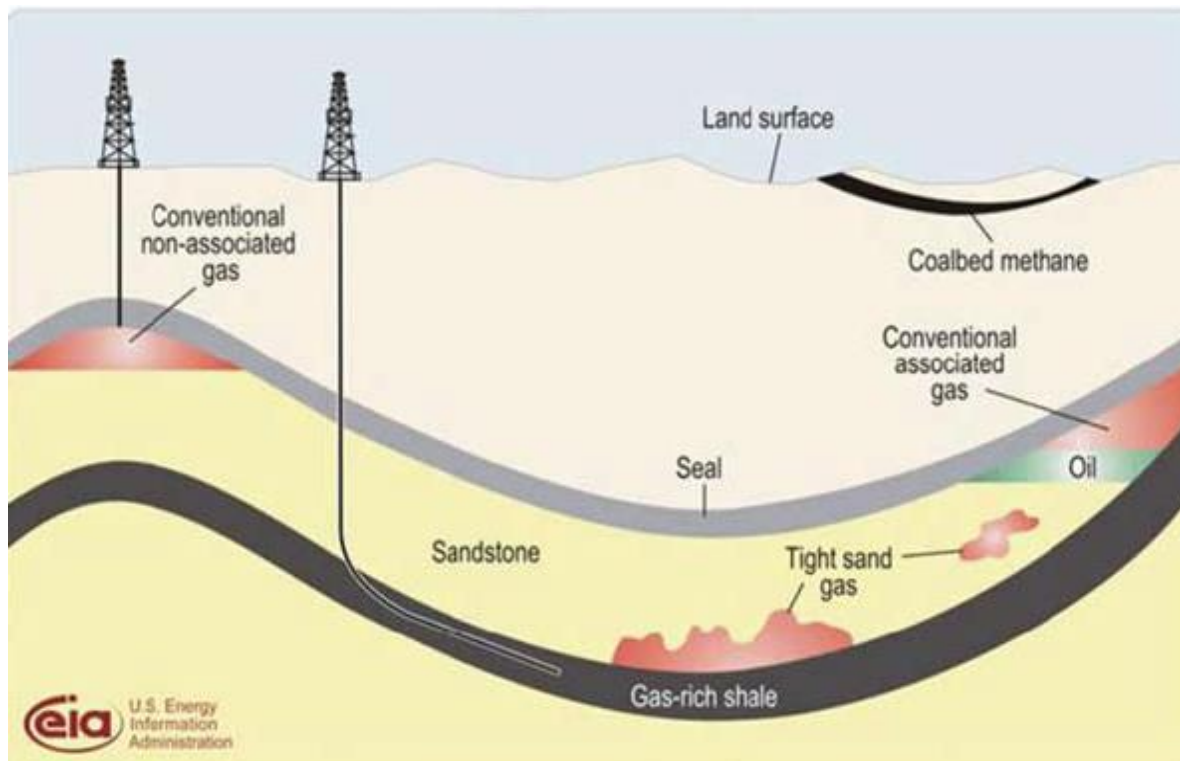
# EVOLUCION ESPERADA DE LA PRODUCCION DEL YACIMIENTO DE VACA MUERTA

## OBJETO Y ALCANCE

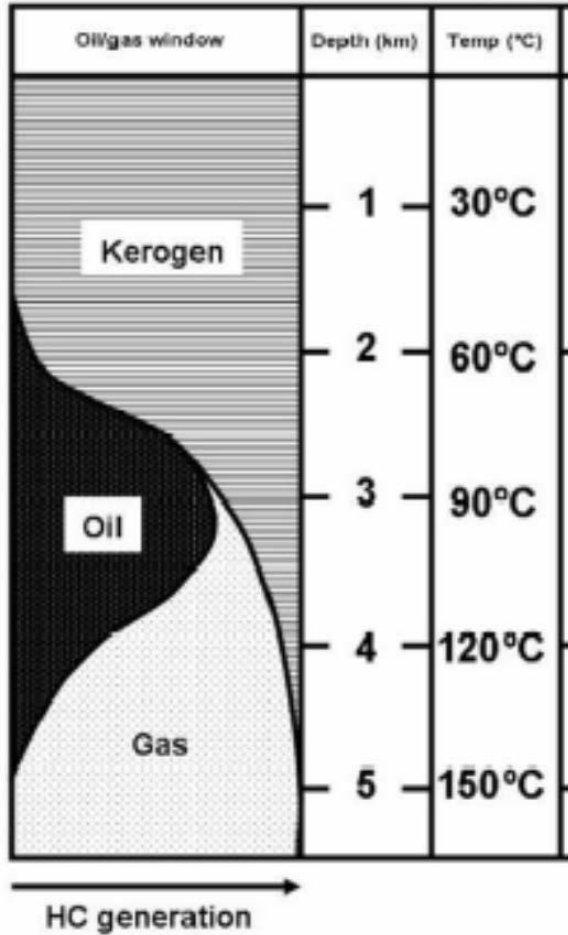
- Estimar los requerimientos de logística, recursos materiales y humanos asociados a un ***escenario probable*** de producción de gas y petróleo, durante el período 2015-2030 en el reservorio de Vaca Muerta, en la Provincia del Neuquén (Argentina).

# EVOLUCION ESPERADA DE LA PRODUCCION DEL YACIMIENTO DE VACA MUERTA

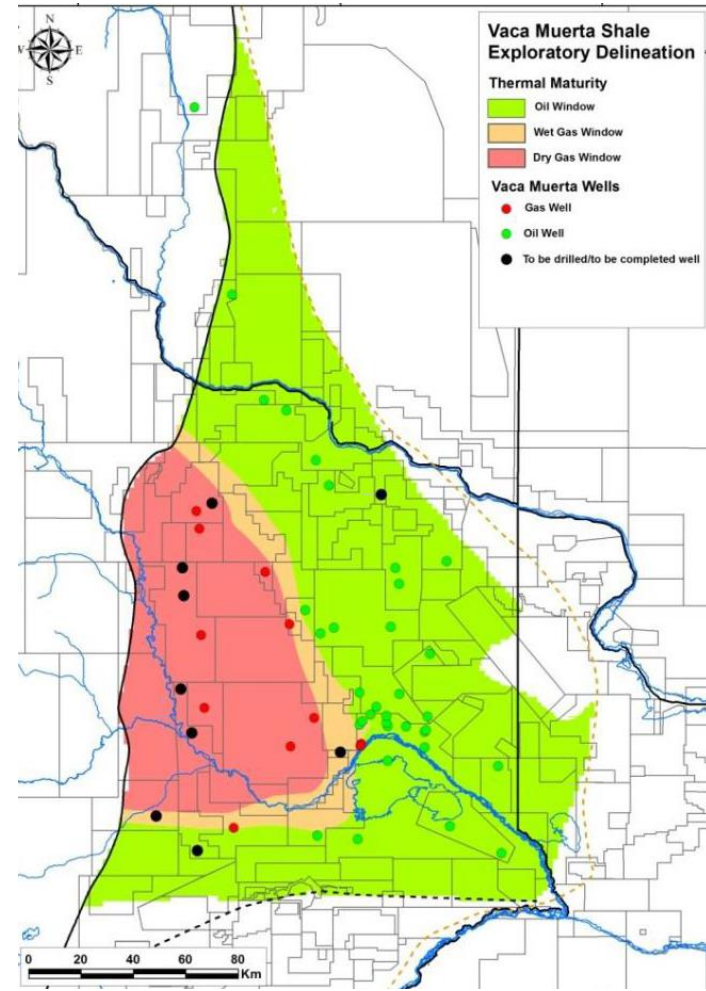
## CONTEXTO CONCEPTUAL



# CARACTERÍSTICAS – SHALE GAS O SHALE OIL? VENTANA DE GAS O VENTANA DE PETROLEO



## Vaca Muerta



# CARACTERÍSTICAS – CUÁLES SON LAS DIFERENCIAS ENTRE RESERVORIOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES?

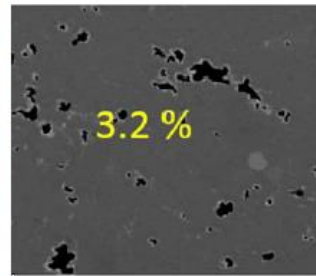
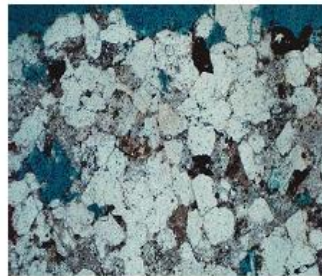
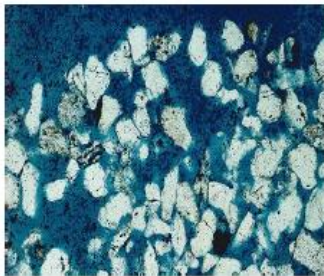
## CONVENCIONALES

- Hidrocarburo entrampado
- Alta porosidad efectiva
- Buena permeabilidad
- Mayor riesgo exploratorio
- Fáciles de desarrollar
- Condiciones de flujo favorables

## NO CONVENCIONALES

- Baja porosidad efectiva
- Baja permeabilidad
- Menor riesgo exploratorio
- Condiciones de flujo no favorables (estimulación)

	GAS CONVENCIONAL	TIGHT GAS	SHALE GAS
Permeabilidad	Darcy	miliDarcy	nanodarcies
F. de Recup.	60-80%	8-30%	Depende de la técnica aplicada



## ■ Perforación Horizontal

## ■ Fractura Hidráulica

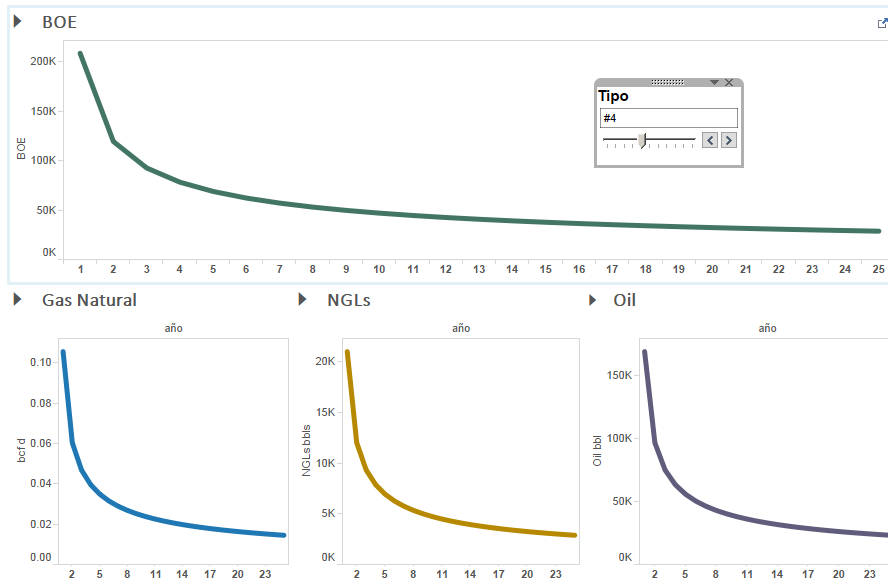
# CARACTERÍSTICAS – CUÁLES SON LAS DIFERENCIAS ENTRE RESERVORIOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES?

La curva de declinación de la producción de los pozos no convencionales es mucho más rápida.

Para mantener niveles de producción hay que perforar pozos con menor espaciamiento del tiempo

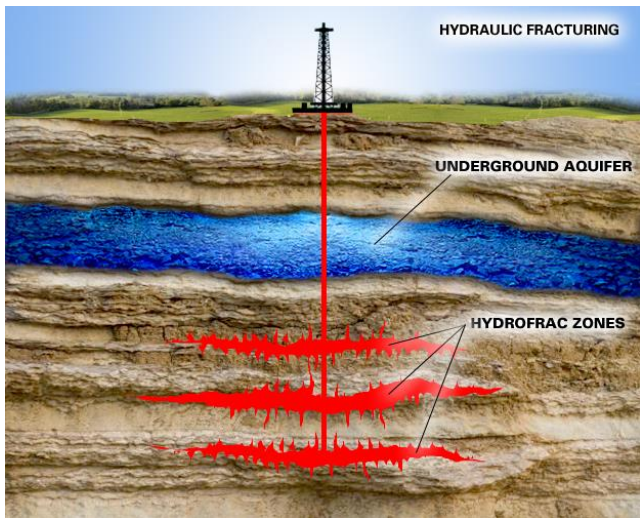
Es necesario perforar mucho mayor número de pozo por año para niveles de producción similares

## ► Perfiles de Producción



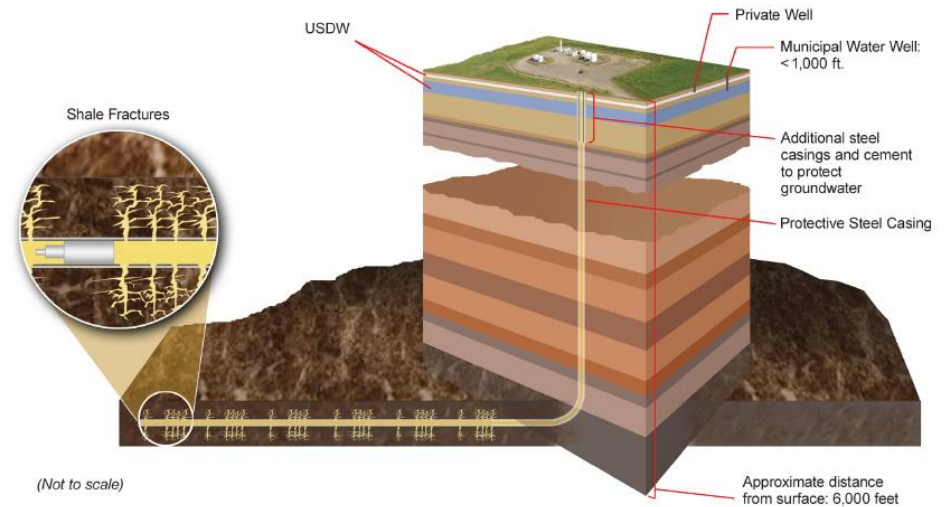
# CARACTERÍSTICAS – FRACTURA HIDRÁULICA Y PERFORACIÓN HORIZONTAL

## Fractura sin perforación horizontal



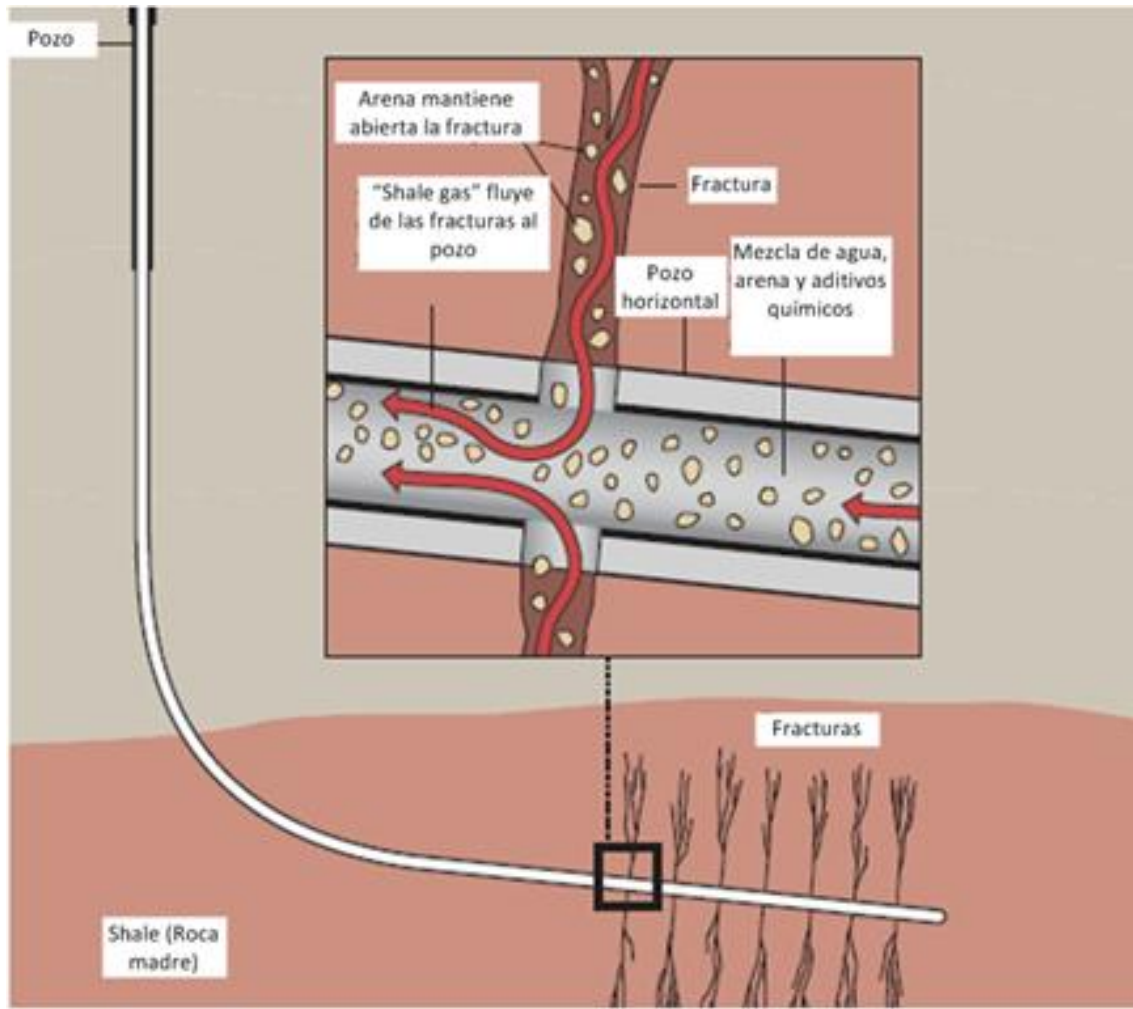
## Fractura con perforación horizontal

### Ramales horizontales de 1,000 a 3,000 m

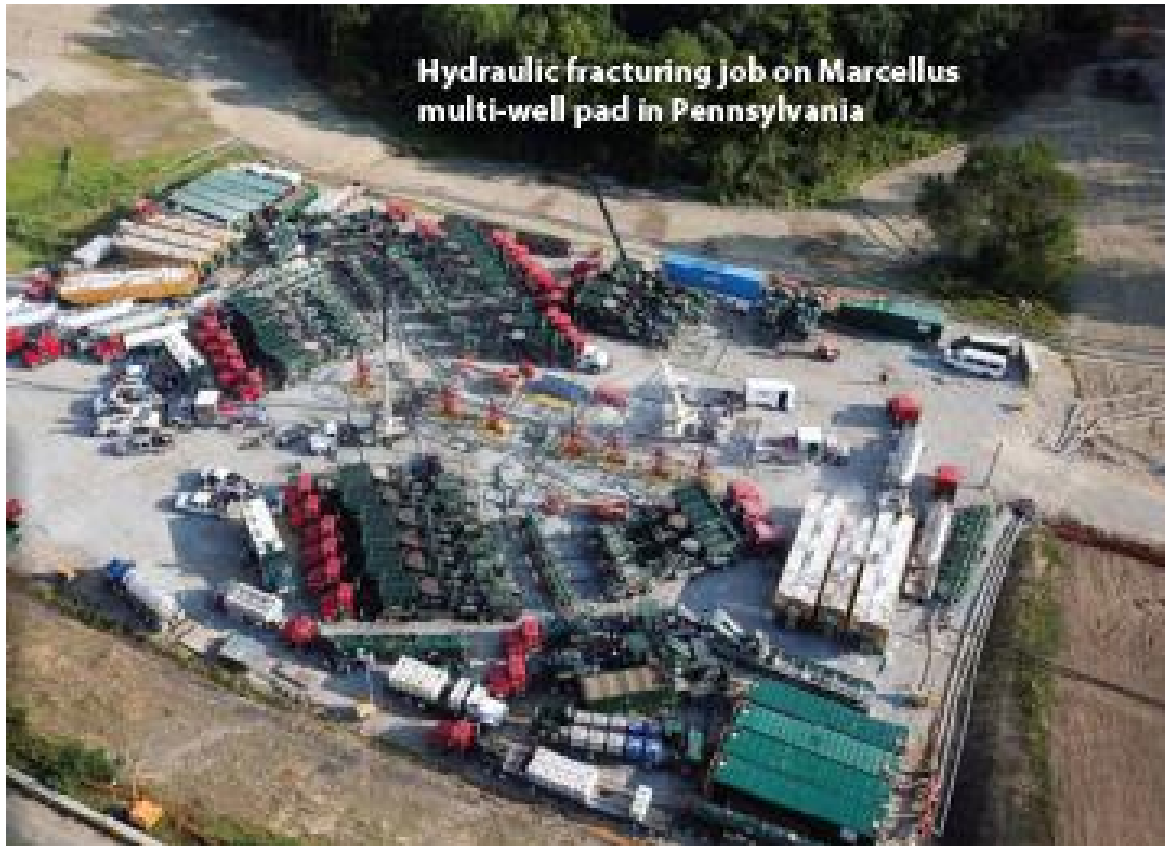




# CARACTERÍSTICAS – FRACTURA HIDRÁULICA Y PERFORACIÓN HORIZONTAL



# CARACTERÍSTICAS – FRACTURA HIDRÁULICA Y PERFORACIÓN HORIZONTAL



**Fractura hidráulica:** Un fluido de fractura especialmente diseñado se inyecta a **altísima presión (800 atm)** en la formación (agua, **arena** y 2% de aditivos). Este proceso mantiene fracturas en la roca madre permitiendo que el gas fluya hacia el pozo (varios días).

Por pozo:  
Potencia utilizada: 32,000 HP (16 camiones de fractura)

30,000 bolsas de arena (1,500 Ton.) + 10,000 m<sup>3</sup> de agua (100 m x 100 m x 1m)

# UBICACIÓN DE AÑELO



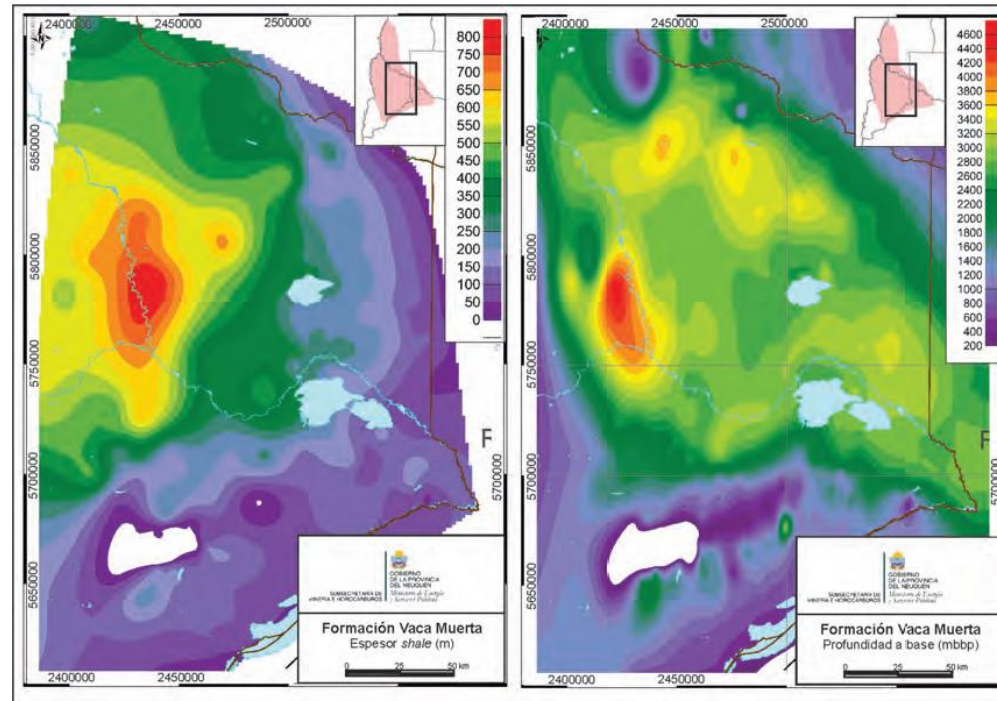


# REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DEL RESERVORIO DE VACA MUERTA (NEUQUÉN/ARGENTINA)

## RESUMEN METODOLÓGICO

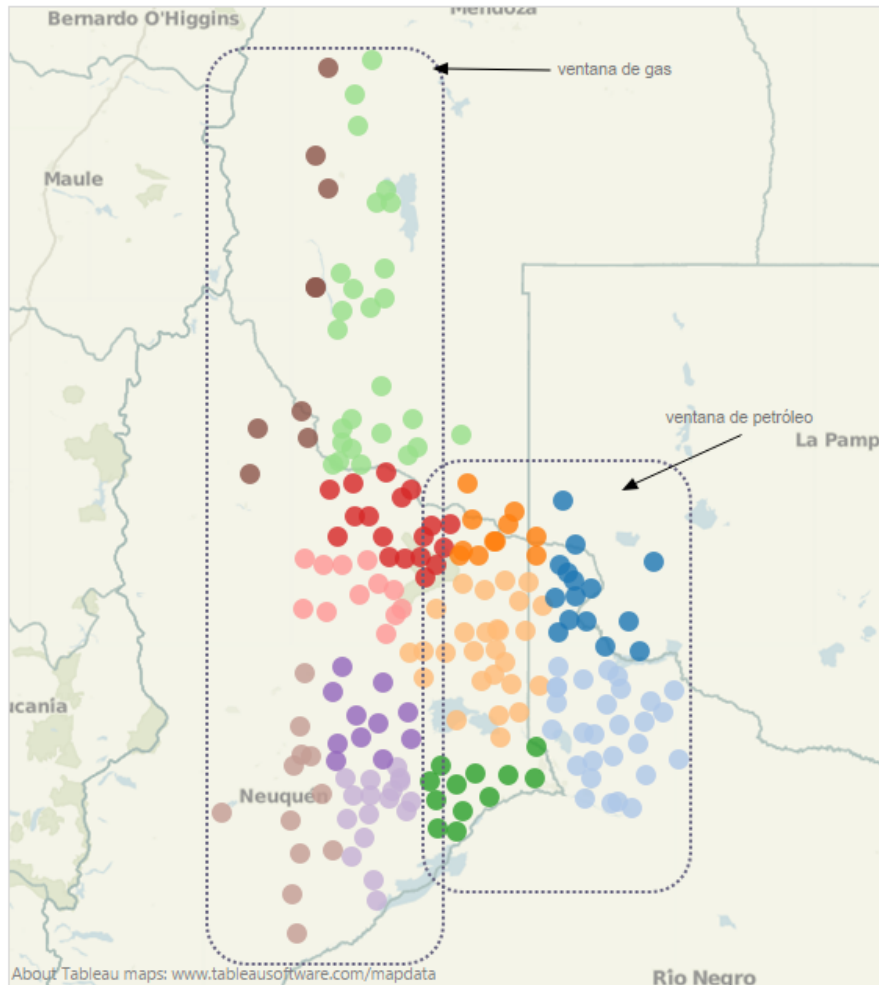
### MODELO DE LAS DISTINTAS REGIONES DEL RESERVORIO QUE PERMITE ESTIMAR, DADA LA CANTIDAD DE POZOS Y EL TIPO DE LOS MISMOS

1. Producción de Petróleo y Gas
2. Requerimientos de:
  - a. Cañería
  - b. Cemento
  - c. Agua
  - d. Químicos
  - e. Flow back
  - f. Agente sostén (Arena)
  - g. Compresores para fractura
  - h. Equipos de Perforación
3. CAPEX
4. Recursos Humanos



Vaca Muerta es una formación heterogénea

# METODOLOGÍA – AGRUPACIÓN DE LAS CONCESIONES EN 12 SECCIONES



## ► Secciones

Vaca Muerta fue dividido en 12 secciones o módulos homogéneos en función de:

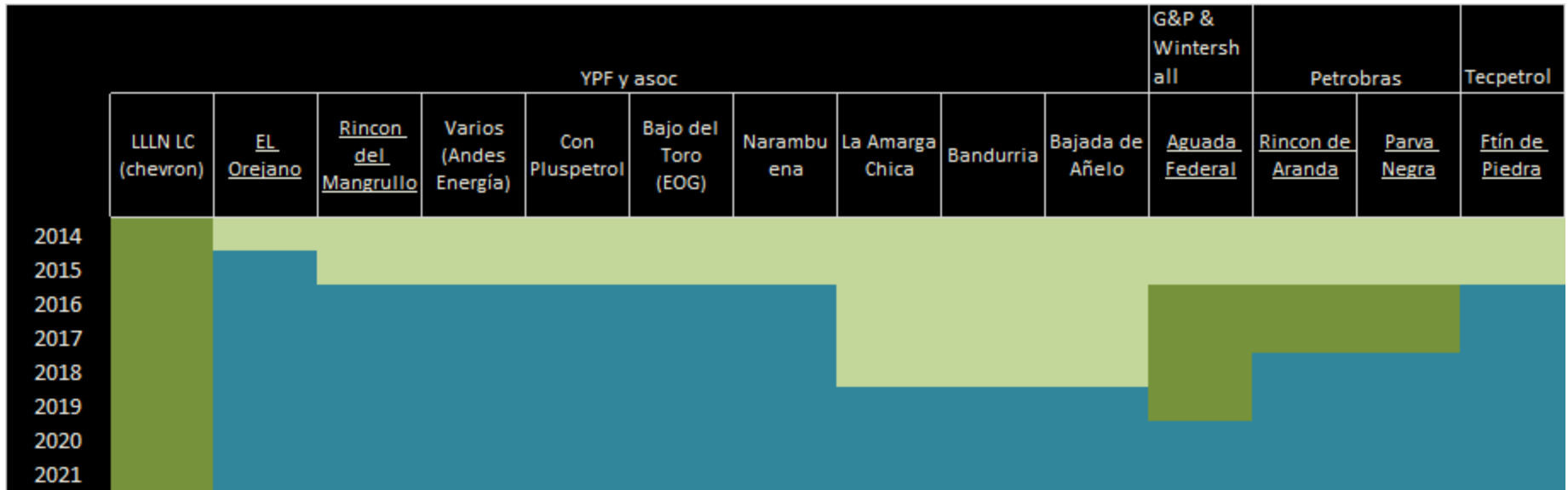
- i. Caracterización del subsuelo
- ii. Caracterización superficial
- iii. Actividad en el horizonte shale

**Cada círculo es una concesión. Cada color es una región de características homogéneas**

# RESUMEN METODOLÓGICO

1. Agrupación de las concesiones en 12 secciones: Condiciones de superficie y subsuelo homogéneas
2. Matriz de escenario de pozos por área de concesión: Cantidad de pozos por área de concesión
3. Matriz de tipo de pozo o tecnología (10 tipos): Característica de los pozos (ventana de gas o petróleo, con o sin perforación horizontal)
4. Con 1 y 3: Matriz de escenario de pozos por Sección
5. Matriz de escenario de progresión de tecnologías: Hay una evolución de pozos verticales a pozos horizontales con ramales cada vez más largos
6. Con 2, 4 y 5: Matriz de resultados por región

# METODOLOGÍA – MATRIZ DE ESCENARIO DE POZOS POR ÁREA DE CONCESIÓN



YPF – Wintershall – Petrobras – Tecpetrol – Crown Point – America Petrogas – Madalena – PAE – G&P – ENARSA – TOTAL – EXXON - SHELL

2014 – 2021:

Planes de pozos de producción de las empresas en las distintas concesiones

2022 – 2030: Extrapolación en base a tendencias esperadas



# METODOLOGÍA – MATRIZ DE POZOS POR SECCIÓN

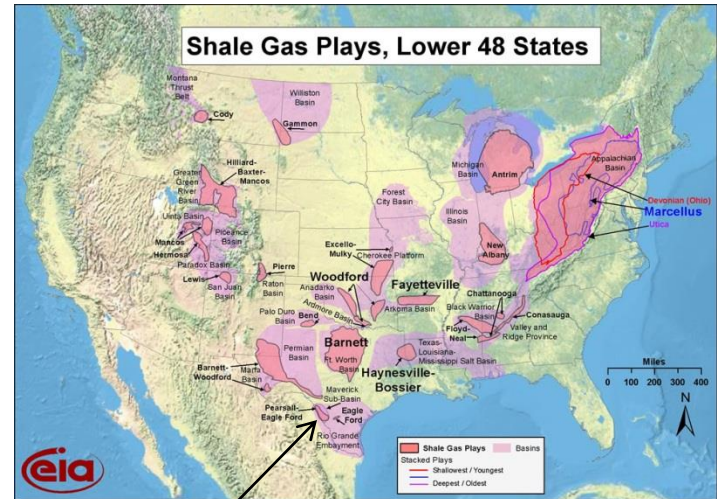
- Se agrupan las áreas de concesión por condiciones del subsuelo y superficie homogéneas en 12 regiones
  - Cantidad de pozos por año y por Sección

## Secciones

Año	Sección I	Sección II	Sección III	Sección IV	Sección V	Sección VI	Sección VII	Sección VII	Sección IX	Sección X	Sección XI	Sección XII	TOTAL
2012	-	-	-	58	-	-	2	2	2	-	-	-	64
2013	-	-	-	117	-	2	2	8	12	-	-	-	141
2014	-	-	-	226	4	4	21	20	41	-	-	1	317
2015	-	-	-	275	4	4	21	36	65	-	-	1	406
2016	-	-	4	439	12	16	72	42	82	-	-	4	670
2017	-	-	4	418	12	16	72	74	122	-	-	4	721
2018	-	-	8	429	12	16	136	84	122	-	-	4	811
2019	-	-	8	612	12	32	152	84	138	-	-	8	1046
2020	-	-	16	717	24	32	240	84	138	-	-	8	1259
2021	-	-	16	720	24	32	240	84	138	8	8	8	1278
2022	2	2	19	737	29	38	250	87	143	10	10	16	1343
2023	2	2	23	767	35	46	260	91	149	12	12	16	1415
2024	3	3	28	798	41	55	270	94	155	14	14	16	1491
2025	3	3	33	829	50	66	281	98	161	14	14	24	1576
2026	4	4	40	863	60	80	292	102	167	17	17	24	1670
2027	5	5	48	897	72	96	304	106	174	20	20	32	1779
2028	6	6	57	933	86	115	316	111	181	24	24	32	1891
2029	7	7	69	970	103	138	328	115	188	29	29	32	2015
2030	9	9	83	1,009	124	165	342	120	196	34	34	64	2189

# METODOLOGÍA – MATRIZ DE TIPOS DE POZO O TECNOLOGÍA

- 10 tipos de pozo o tecnología:
  - Ventana de gas o petróleo
  - Vertical o longitud de la rama horizontal
  - Parámetros de la curva de declinación
  - Cantidad de fracturas por pozo
  - Requerimientos de agua, arena, químicos
  - Requerimientos de cañerías, cemento
  - Requerimientos de potencia de bombeo
  - % de Petróleo, gas y líquidos (GLP, etano, gasolinas)





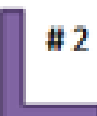

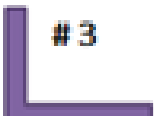

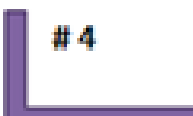



Eagleford

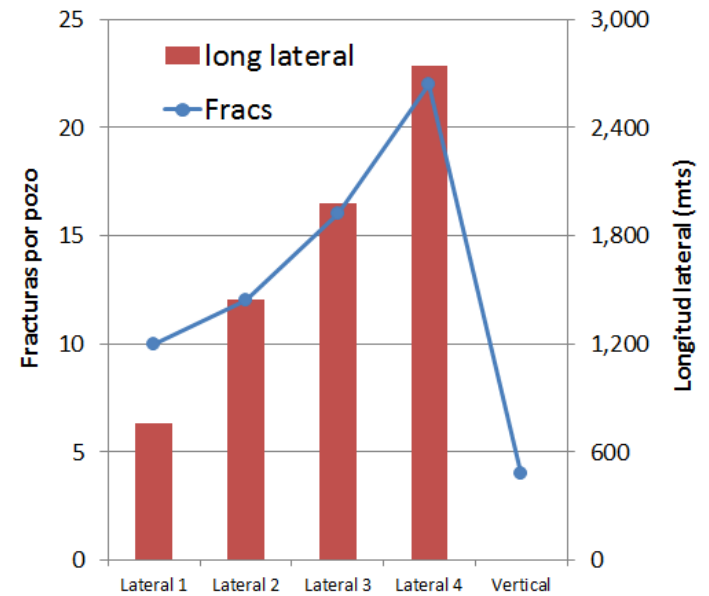
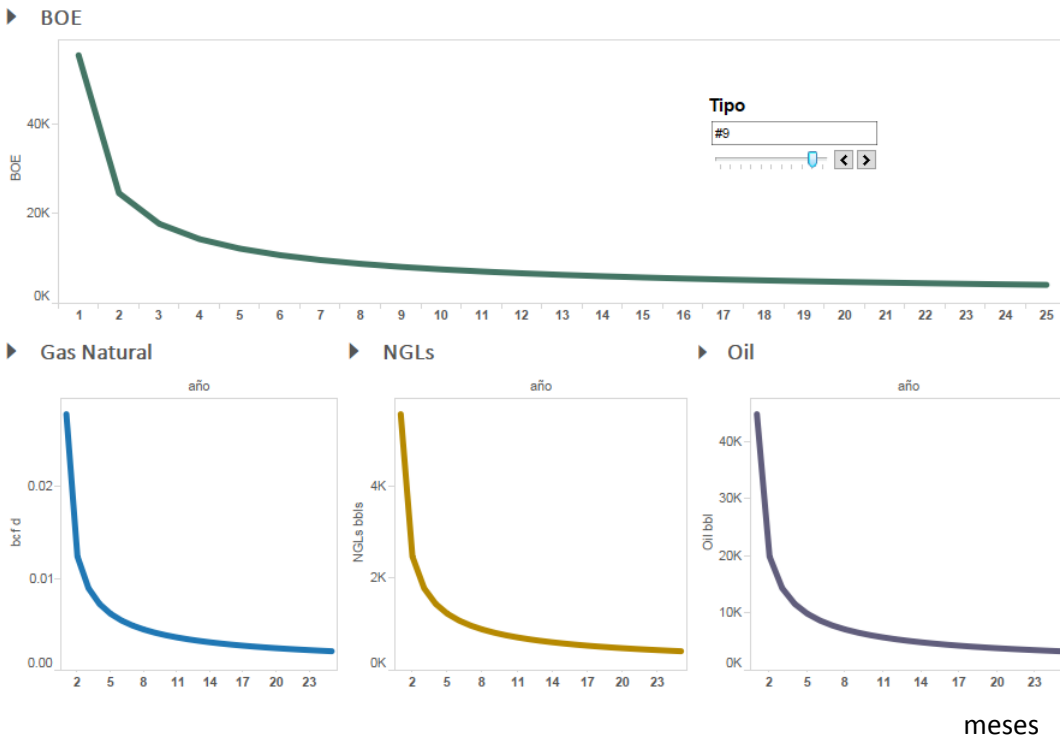
Tipo / lateral / IP / Di / b / Fracs / Agua / Proppant / Potencia / GOR

#	play	Ro	lateral			IP		Di			b			Frac		Agua (m3 en FAPP)	Proppant		Potencia HP	%		
			fs	μ	σ	min	med	max	min	med	max	μ	σ	150 tn	3000 bs		Oil	dry gas		NGLS		
# 1	Eagleford	oil window	< 4000	500	150	0.13	0.3	0.27	1.24	1.5	1.45	10	0.8	anexo	1,500	30,000	32,000	81%	9%	10%		
# 2	Eagleford	oil window	4000 > p > 5500	600	130	0.13	0.27	0.35	1.29	1.6	1.41	12	1.2	anexo	1,800	36,000	32,000	81%	9%	10%		
# 3	Eagleford	oil window	5500 > p > 7500	700	93	0.24	0.24	0.35	1.33	1.7	1.45	16	2	anexo	2,400	48,000	32,000	81%	9%	10%		
# 4	Eagleford	oil window	> 7500	942	56	0.17	0.2	0.24	1.23	1.9	1.46	22	3	anexo	3,300	66,000	32,000	81%	9%	10%		
# 5	Eagleford	gas window	< 4000	1000	450	0.23	0.31	0.37	1.24	1.3	1.39	10	0.8	anexo	1,500	30,000	32,000	5%	72%	23%		
# 6	Eagleford	gas window	4000 > p > 5500	1638	450	0.19	0.29	0.39	1.3	1.34	1.4	12	1.2	anexo	1,800	36,000	32,000	5%	72%	23%		
# 7	Eagleford	gas window	5500 > p > 7500	2279	450	0.18	0.31	0.37	1.28	1.37	1.42	16	2	anexo	2,400	48,000	32,000	5%	72%	23%		
# 8	Eagleford	gas window	> 7500	2600	450	0.12	0.19	0.27	1.27	1.4	1.51	22	3	anexo	3,300	66,000	32,000	5%	72%	23%		
# 9	Vaca muerta vert	oil window		330	60	0.13	0.41	0.27	1.24	1.55	1.45	4	0.5	anexo	300	6,000	32,000	81%	9%	10%		
# 10	Vaca muerta vert	gas window		350	170	0.23	0.38	0.37	1.24	1.3	1.39	2	0.5	anexo	300	6,000	32,000	5%	72%	23%		

# METODOLOGÍA –TIPOS DE POZO O TECNOLOGÍA - 10 tipos de pozo (Longitud de perforación horizontal y cantidad de fracturas)

		VENTANA PETROLERA		VENTANA GAS	
VACA MUERTA	Pozo vertical	 #9	4 fracs	 #10	4 fracs
	< 4000 <u>fs</u>	 #1	8 fracs	 #5	8 fracs
EAGLE FORD	4000 <u>fs</u> // 5500 <u>fs.</u>	 #2	10 fracs	 #6	10 fracs
	5500 <u>fs</u> // 7500 <u>fs.</u>	 #3	16 fracs	 #7	16 fracs
	> 7500 <u>fs</u>	 #4	22 fracs	 #8	22 fracs

# METODOLOGÍA – PERFILES DE PRODUCCIÓN O DECLINACIÓN



**IP** - producción inicial

**Di** - tasa de declinación inicial

**b** - exponente hiperbólico

$$P_t = IP(1 + b DI t)^{-1/b}$$

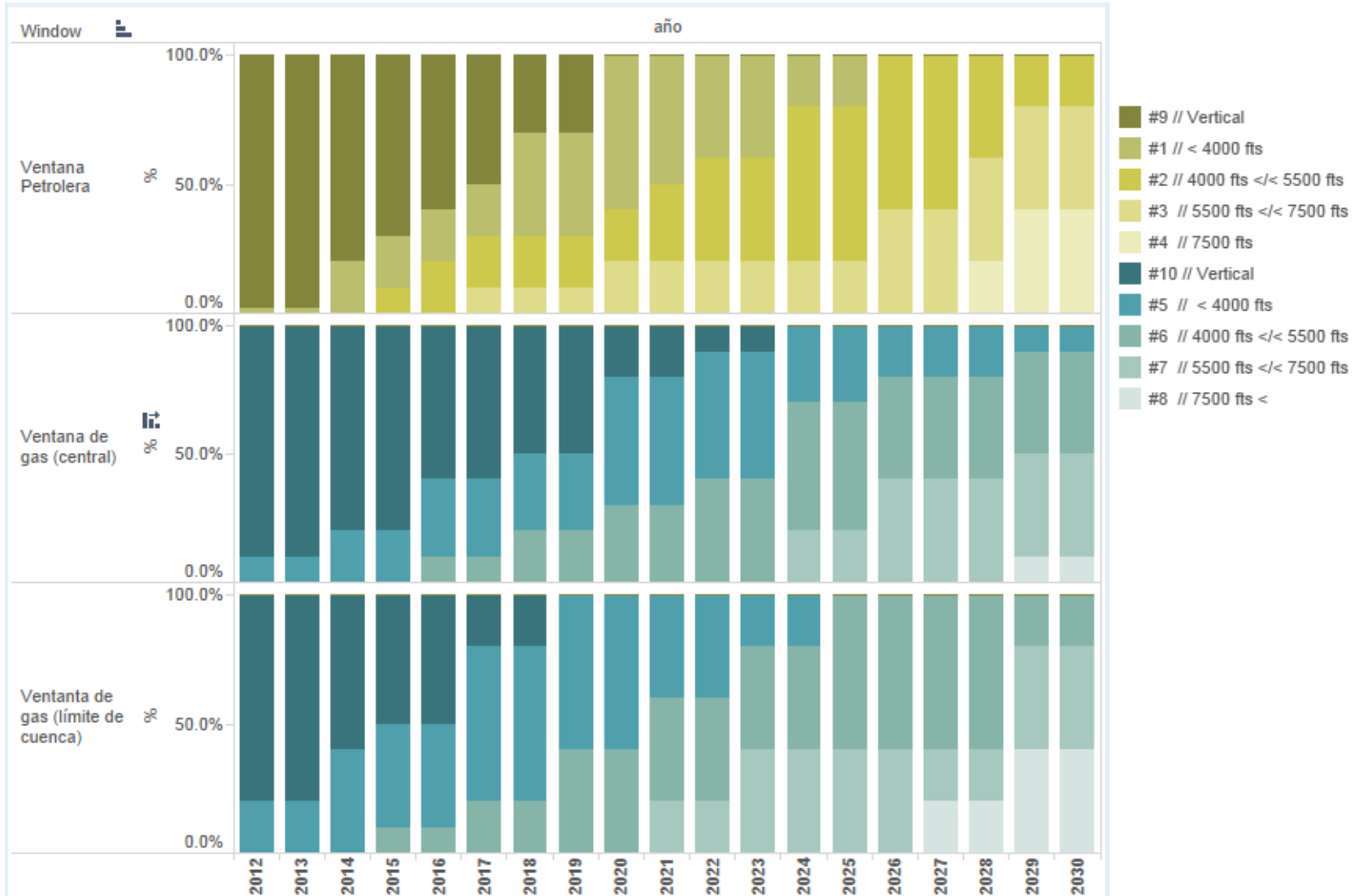
# METODOLOGÍA – MATRIZ DE ESCENARIO DE PROGRESIÓN DE TECNOLOGÍAS

- Se agrupan las regiones en tres grupos: Ventana petrolera, ventana gasífera con o sin red de gasoductos de captación
  - Evolución de pozos verticales a pozos horizontales con ramas de longitud creciente (proporción de tipo de pozo o tecnología del total)

	Escenarios de progresión																												
	Región OIL										Región GAS 1										Región GAS 2								
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9
2012	0	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	1	-	-	-	-	9	-	-	-	-	2	-	-	-	-	8
2013	0	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	1	-	-	-	-	9	-	-	-	-	2	-	-	-	-	8
2014	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	2	-	-	-	-	8	-	-	-	-	4	-	-	-	-	6
2015	2	1	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	2	-	-	-	-	8	-	-	-	-	4	1	-	-	-	5
2016	2	2	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	3	1	-	-	-	6	-	-	-	-	4	1	-	-	-	5
2017	2	2	1	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	3	1	-	-	-	6	-	-	-	-	6	2	-	-	-	2
2018	4	2	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	2	-	-	-	5	-	-	-	-	6	2	-	-	-	2
2019	4	2	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	2	-	-	-	5	-	-	-	-	6	4	-	-	-	-
2020	6	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	-	2	-	-	-	-	6	4	-	-	-	-
2021	5	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	-	2	-	-	-	-	4	4	2	-	-	-
2022	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	-	1	-	-	-	-	4	4	2	-	-	-
2023	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	-	1	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-
2024	2	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5	2	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-	-
2025	2	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5	2	-	-	-	-	-	-	-	6	4	-	-	-	-
2026	-	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	6	4	-	-	-	-
2027	-	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	6	2	2	-	-	-
2028	-	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	6	2	2	-	-	-
2029	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	4	1	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-
2030	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	4	1	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-
2031	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	4	1	-	-	-	-	-	-	-	4	6	-	-	-
2032	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	4	6	-	-	-
2033	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	4	6	-	-	-
2034	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	8	-	-	-
2035	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	8	-	-	-

# METODOLOGÍA – MATRIZ DE ESCENARIO DE PROGRESIÓN DE TECNOLOGÍAS

## ▶ Matrices de Progresión



# METODOLOGÍA – MATRIZ DE RESULTADOS POR REGIÓN

- Se obtienen año a año los resultados de producción de gas y petróleo y los requerimientos de Agua, arena, químicos, cañerías, cemento, potencia de bombeo (150 ton arena/fractura), (2500 a 1000 m<sup>3</sup> de agua/fractura).

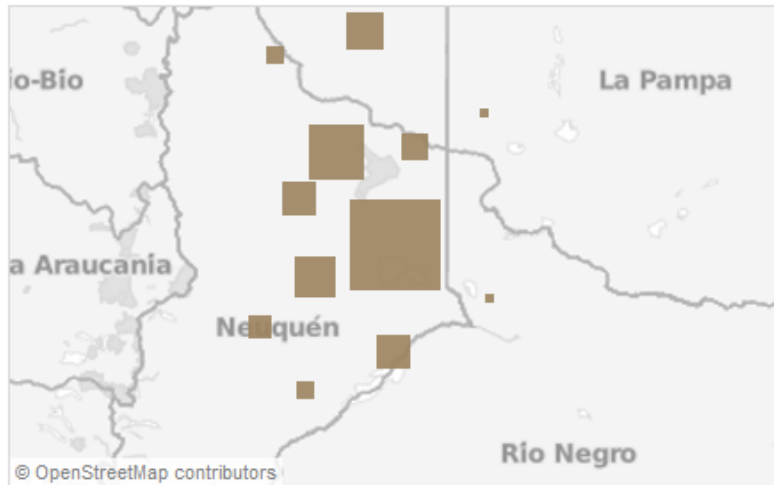
Producción de Gas Natural (en MMm <sup>3</sup> /d)													
AÑO	Sección I	Sección II	Sección III	Sección IV	Sección V	Sección VI	Sección VII	Sección VII	Sección IX	Sección X	Sección XI	Sección XII	TOTAL
2012	-	-	-	0.1	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	-	0.3
2013	-	-	-	0.3	-	0.1	0.1	0.2	0.3	-	-	-	0.9
2014	-	-	-	0.7	0.0	0.2	0.6	0.6	1.2	-	-	0.0	3.2
2015	-	-	-	1.1	0.0	0.2	0.8	1.2	2.2	-	-	0.1	5.5
2016	-	-	0.4	1.9	0.0	0.8	3.0	2.1	4.0	-	-	0.2	12.5
2017	-	-	0.6	2.5	0.1	1.2	4.0	3.8	6.5	-	-	0.3	18.9
2018	-	-	0.8	3.0	0.1	1.5	8.1	5.6	8.8	-	-	0.4	28.3
2019	-	-	0.9	4.1	0.1	3.1	10.9	6.7	10.9	-	-	0.8	37.5
2020	-	-	0.6	5.6	0.2	3.9	20.2	8.8	14.4	-	-	1.0	54.6
2021	-	-	0.5	6.7	0.2	4.9	24.8	10.1	16.5	0.7	0.4	1.2	65.9
2022	0.0	0.0	0.5	7.6	0.3	5.5	30.8	11.9	19.5	1.1	0.6	2.1	79.8
2023	0.0	0.0	0.4	8.3	0.3	7.9	35.3	13.3	21.9	1.8	1.0	2.7	93.2
2024	0.0	0.0	0.4	9.1	0.4	10.1	45.4	16.7	27.4	2.3	1.4	3.2	116.5
2025	0.0	0.0	0.5	9.8	0.5	13.1	52.2	18.9	31.0	2.8	1.8	4.5	135.0
2026	0.0	0.1	0.5	10.5	0.6	16.3	61.1	21.9	35.8	3.5	2.2	5.2	157.8
2027	0.0	0.1	0.5	11.9	0.8	20.8	68.1	24.1	39.5	4.4	2.9	6.9	180.0
2028	0.1	0.1	0.5	13.7	1.0	25.8	74.3	26.1	42.8	5.5	3.5	7.9	201.4
2029	0.1	0.1	0.7	15.8	1.3	35.1	83.9	29.4	48.1	7.5	5.0	9.4	236.4
2030	0.1	0.1	0.8	17.6	1.7	44.4	91.3	32.0	52.3	9.3	6.3	14.9	270.8

# **REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DEL RESERVORIO DE VACA MUERTA (NEUQUÉN/ARGENTINA)**

**EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA CANTIDAD DE POZOS, ETAPAS DE  
FRACTURA, REQUERIMIENTOS DE INVERSIÓN y PRODUCCIÓN**



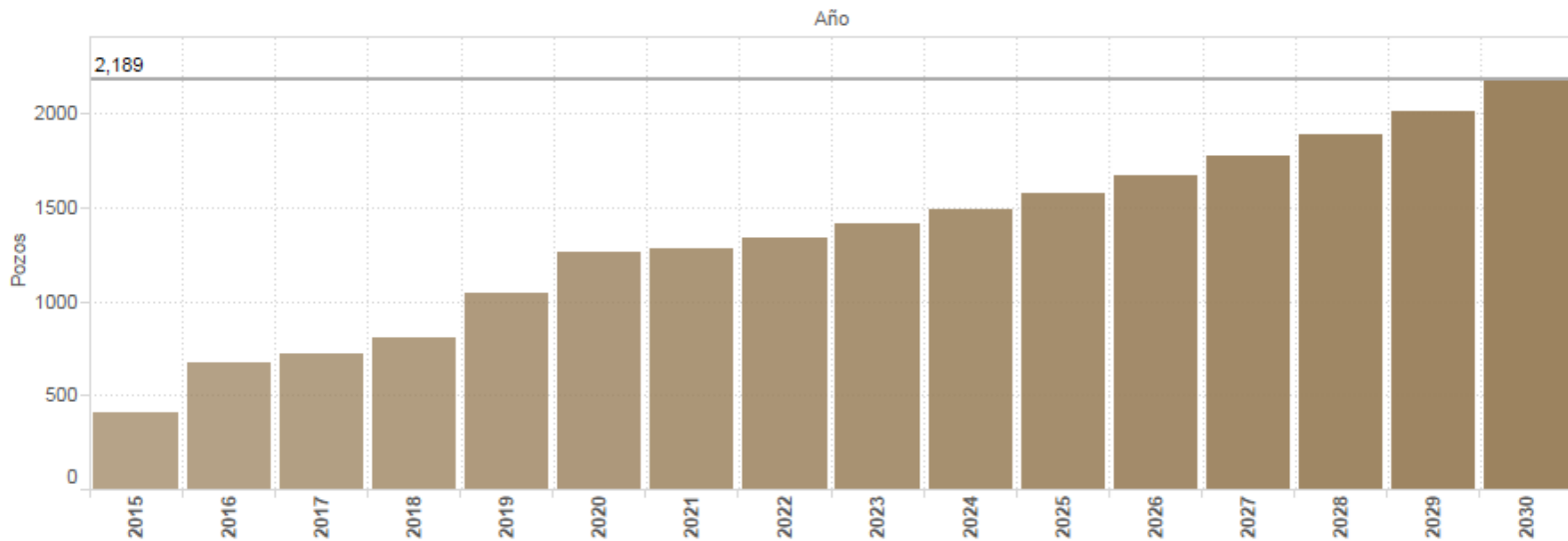
# EVOLUCIÓN PREVISTA DE LA CANTIDAD DE POZOS



## ► Pozos

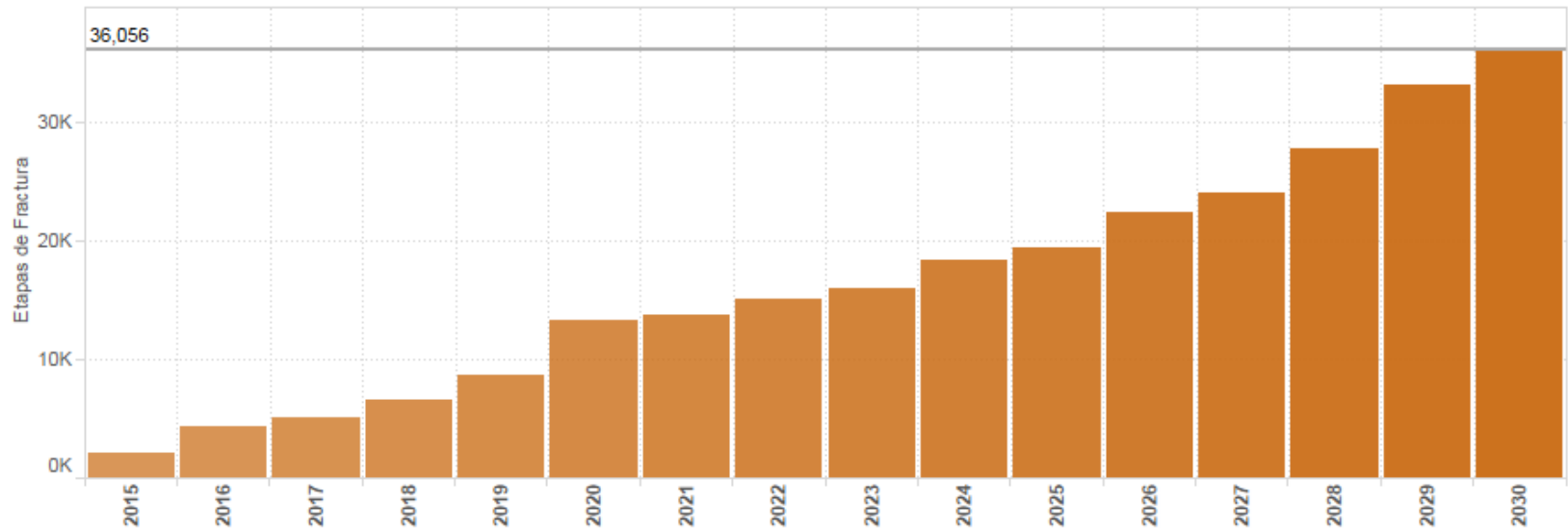
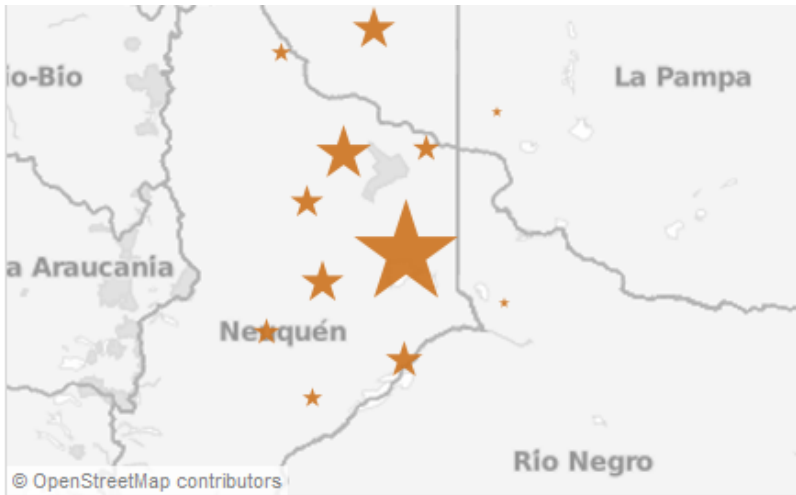
Alta concentración espacial en la actividad perforadora.

Hipótesis en etapa de consenso con las operadoras.

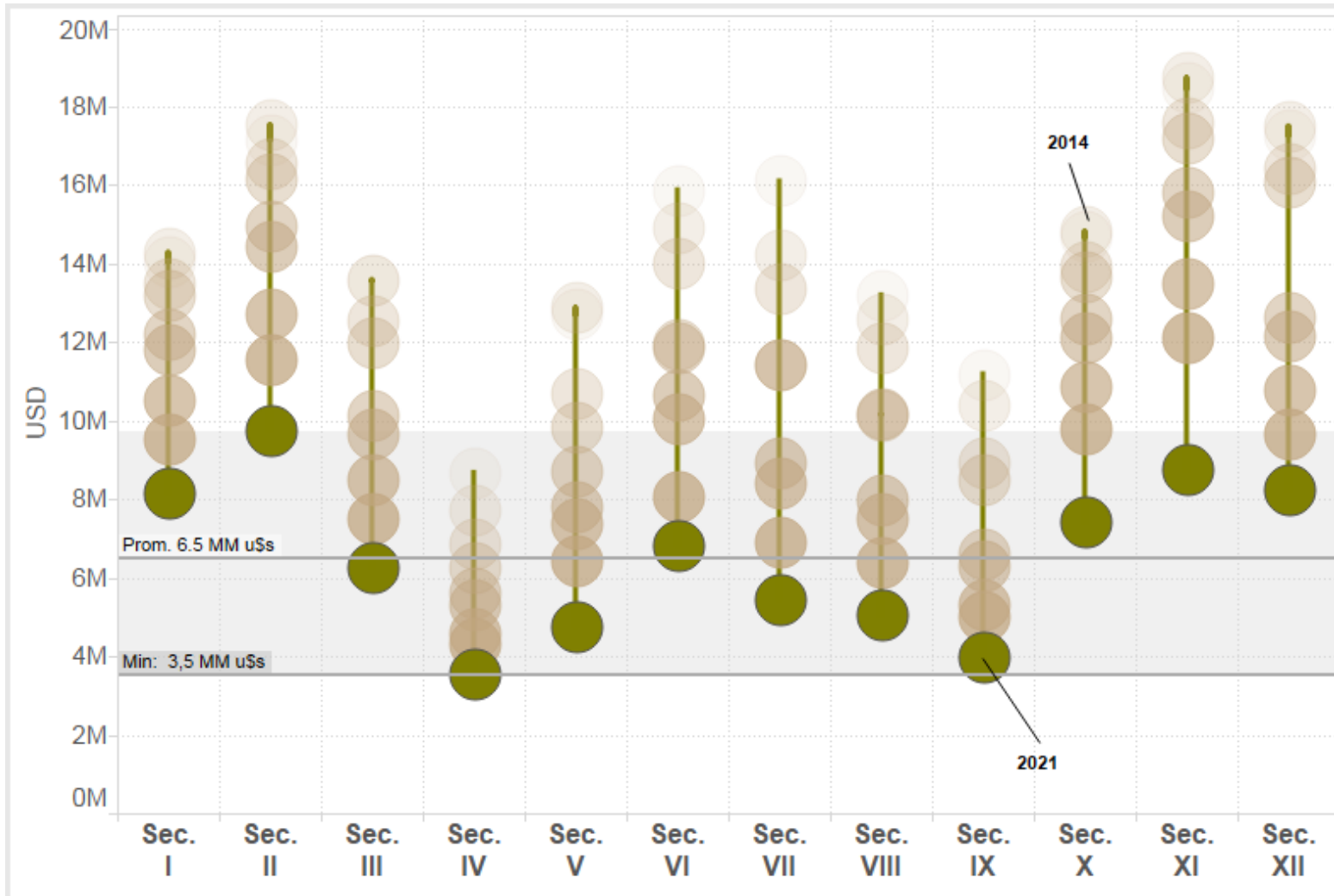


**20,000 pozos horizontales en USA en el 2014**

# EVOLUCIÓN PREVISTA DE LA CANTIDAD FRACTURAS



# EVOLUCIÓN PREVISTA DE LOS COSTOS – DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS POR CURVA DE APRENDIZAJE



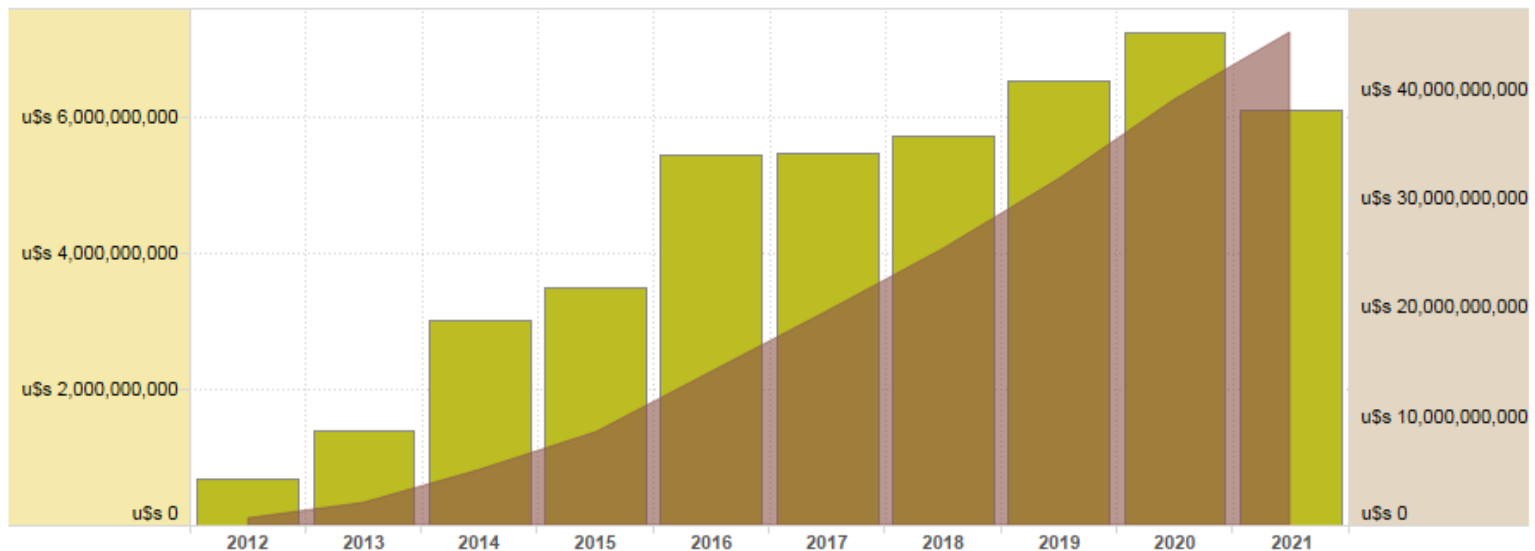
# EVOLUCIÓN PREVISTA DE LAS INVERSIONES

## ► Inversión Directa Requerida

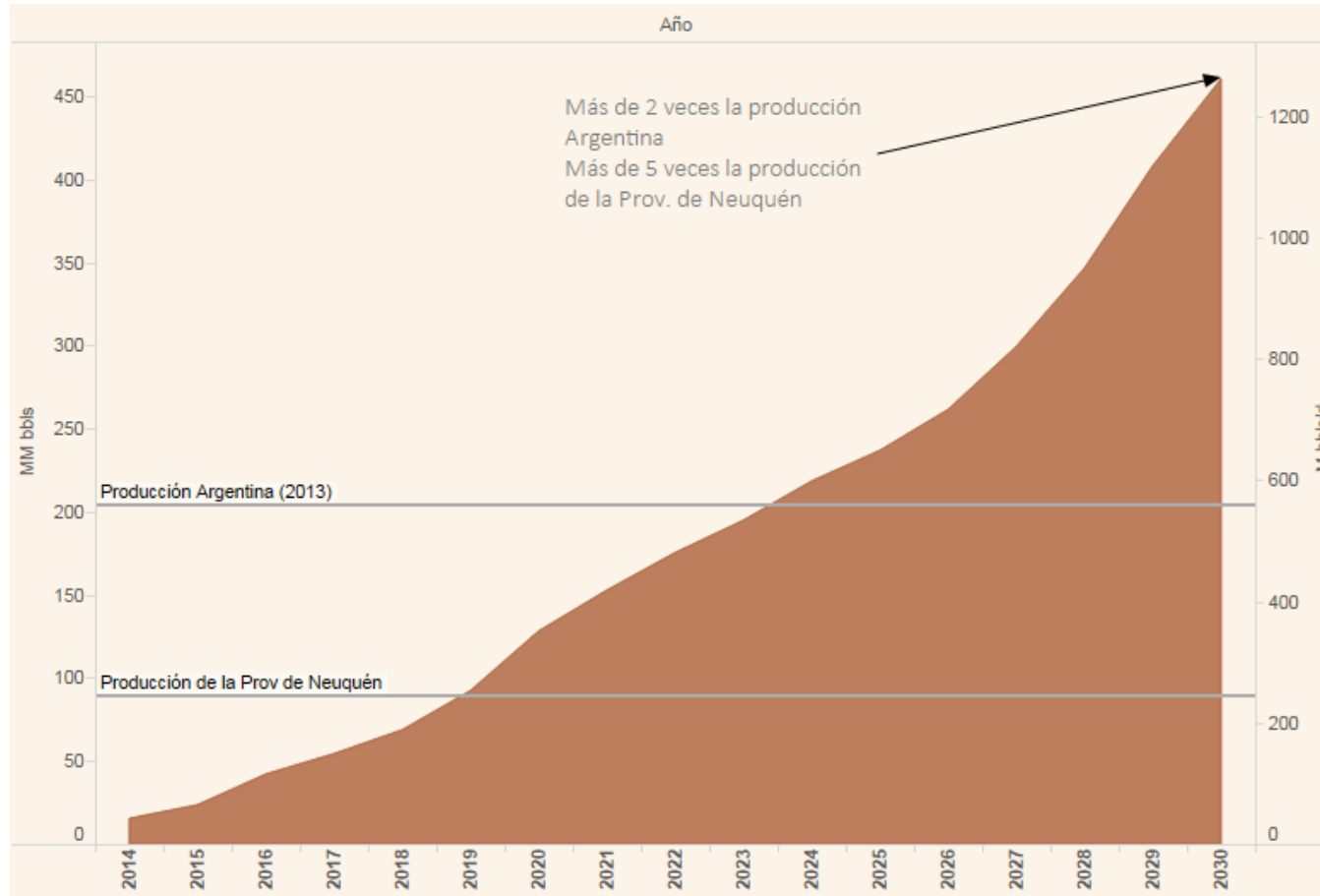
Las inversiones se estabilizarían en la franja 5.500 MMusd y 7.500 MMusd a partir del 2016.

Totalizarían una inversión superior a los 45.000 MMusd.

Esta evolución refleja la baja en costos, la intensidad perforadora y las nuevas tecnologías a utilizar estilizadas.



# EVOLUCIÓN PREVISTA DE LA PRODUCCIÓN DE SHALE OIL



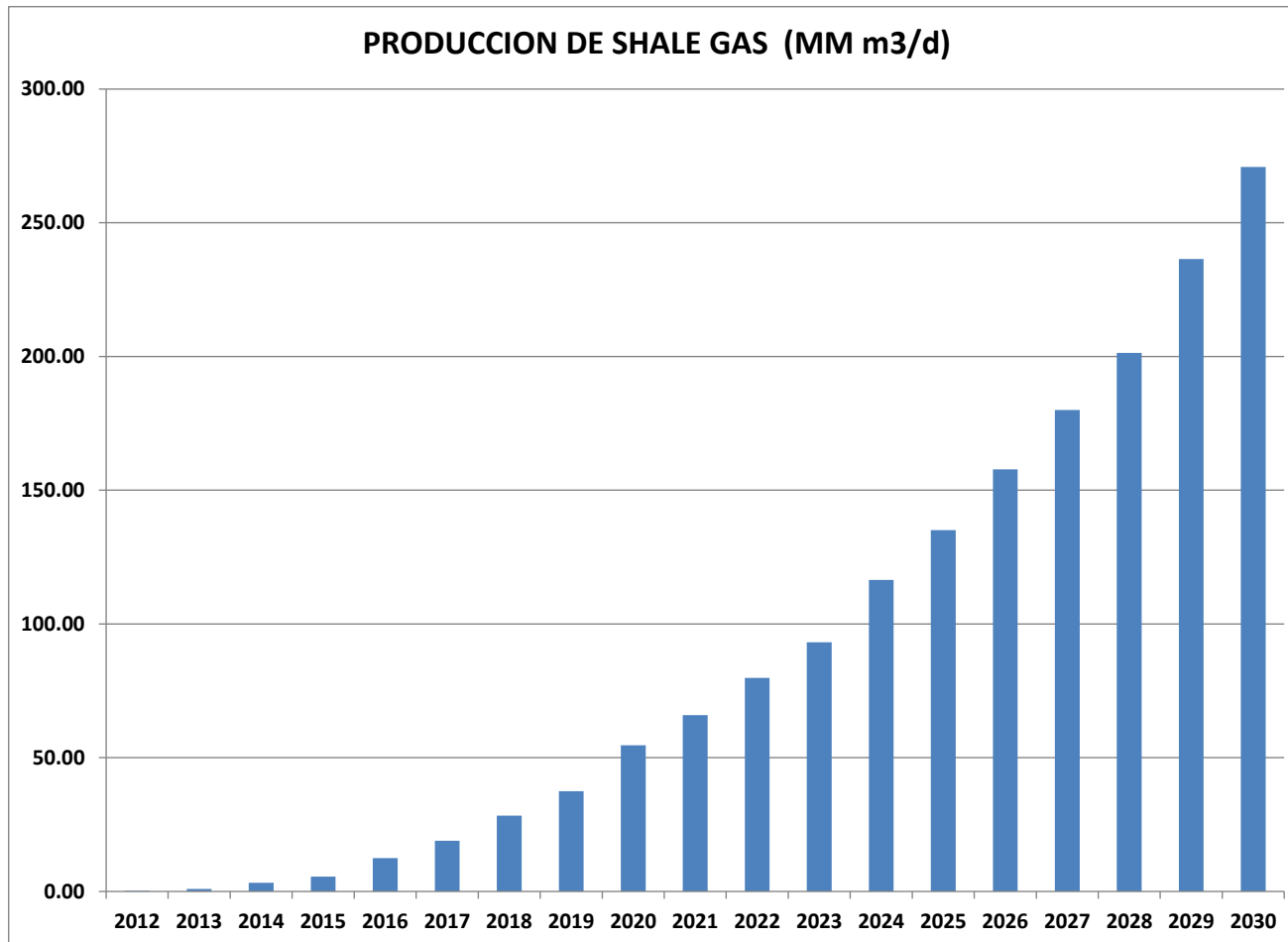
**Producción actual 200 MM Barriles/año.**

**Al 2020 un aumento del 64% de la producción actual**

**Al 2030 un aumento del 230% de la producción actual**

**(suponiendo que la producción convencional de petróleo se mantiene)**

# DESARROLLO – EVOLUCIÓN PREVISTA DE LA PRODUCCIÓN DE SHALE GAS



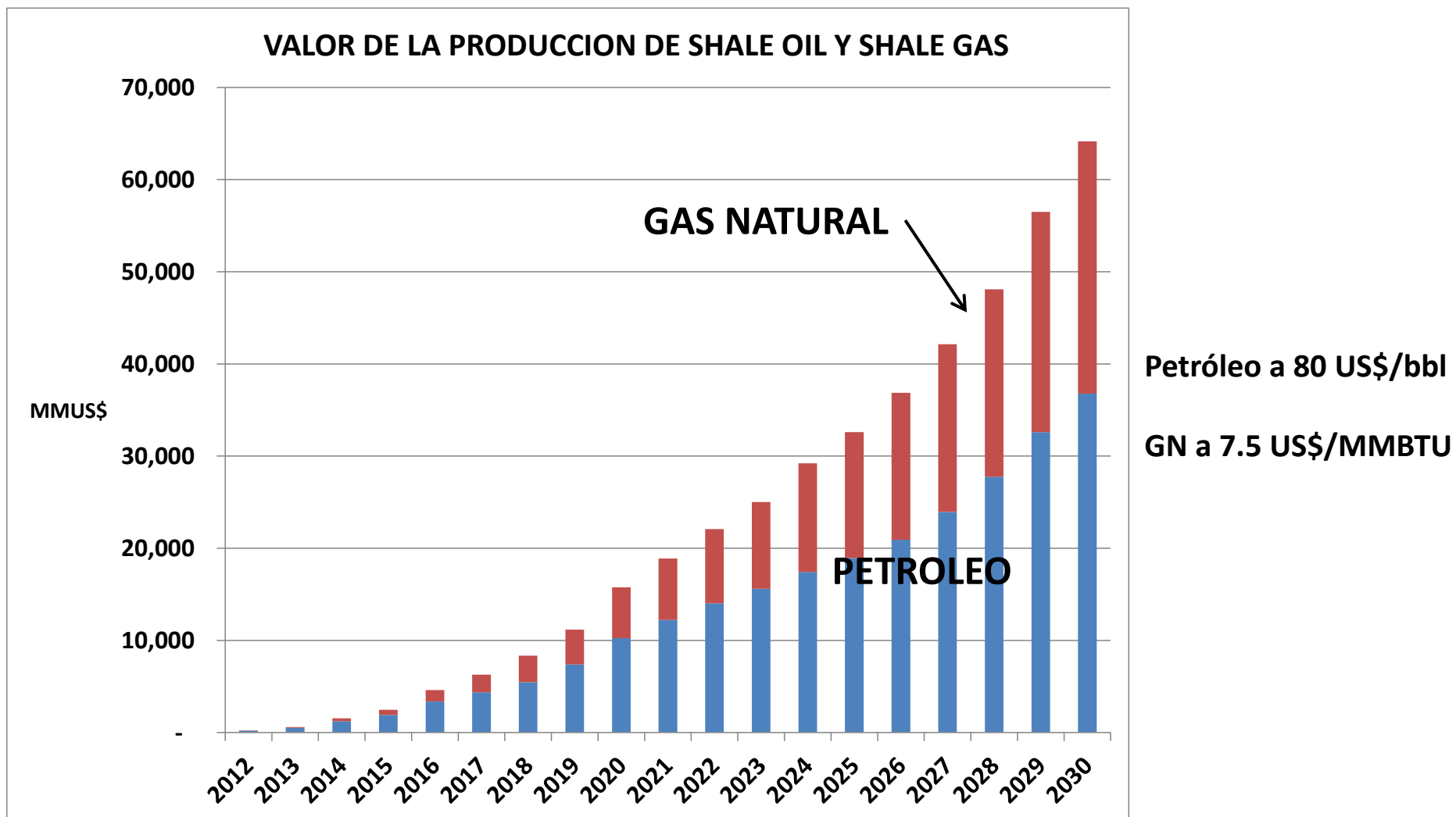
**Producción actual 100 MM m3/d**

**Al 2020 un aumento de 55 MMm3/d**

**Al 2030 un aumento de 270 MMm3/d**

**(suponiendo que la producción convencional de GN se mantiene)**

# EVOLUCIÓN PREVISTA DE LOS INGRESOS BRUTOS ESTIMADOS POR AÑO



Los ingresos brutos son mayores por el petróleo que por el GN.  
Comparar con los 7,000 MMUS\$ de costos directos.

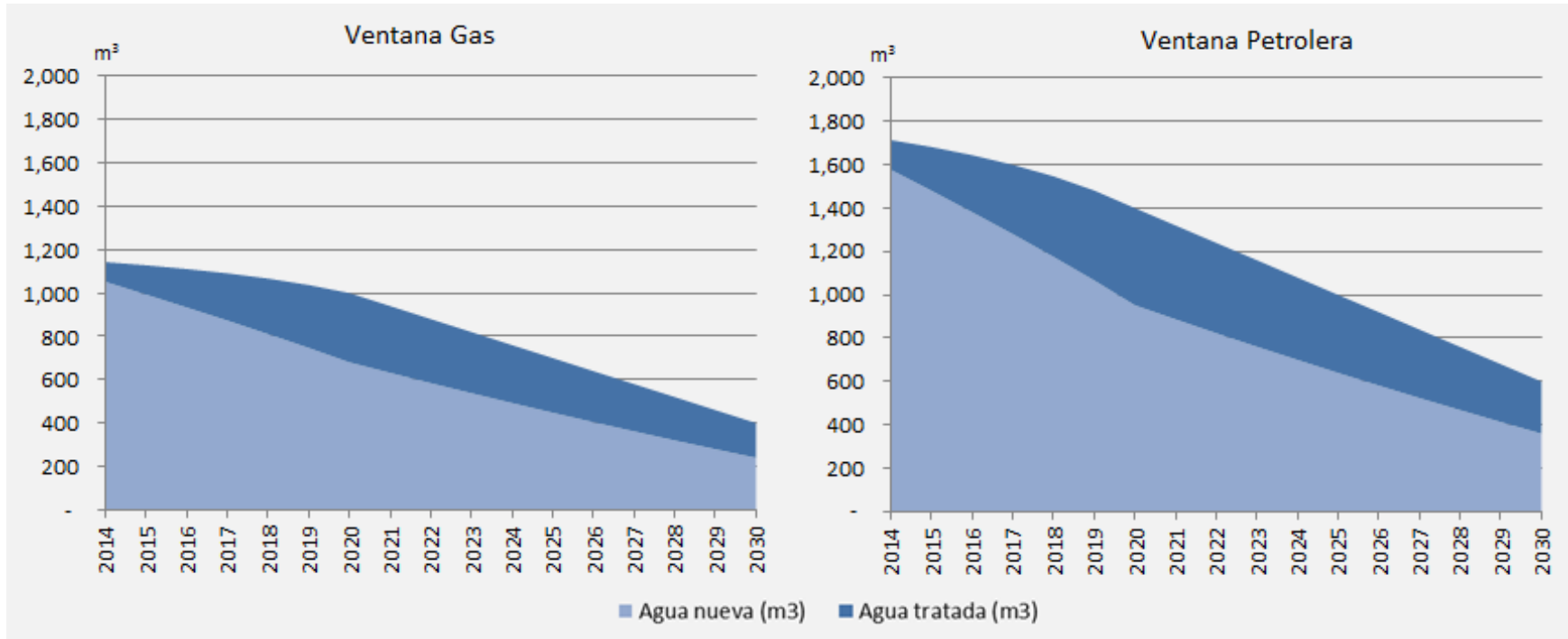
# **REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DEL RESERVORIO DE VACA MUERTA (NEUQUÉN/ARGENTINA)**

## **REQUERIMIENTOS DE MATERIALES Y SERVICIOS**



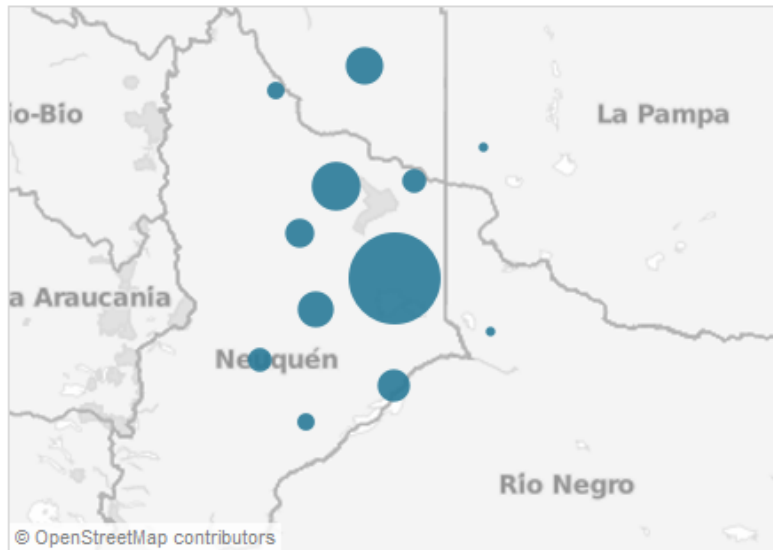
# REQUERIMIENTOS DE AGUA

## Consumo de agua por etapa de fractura



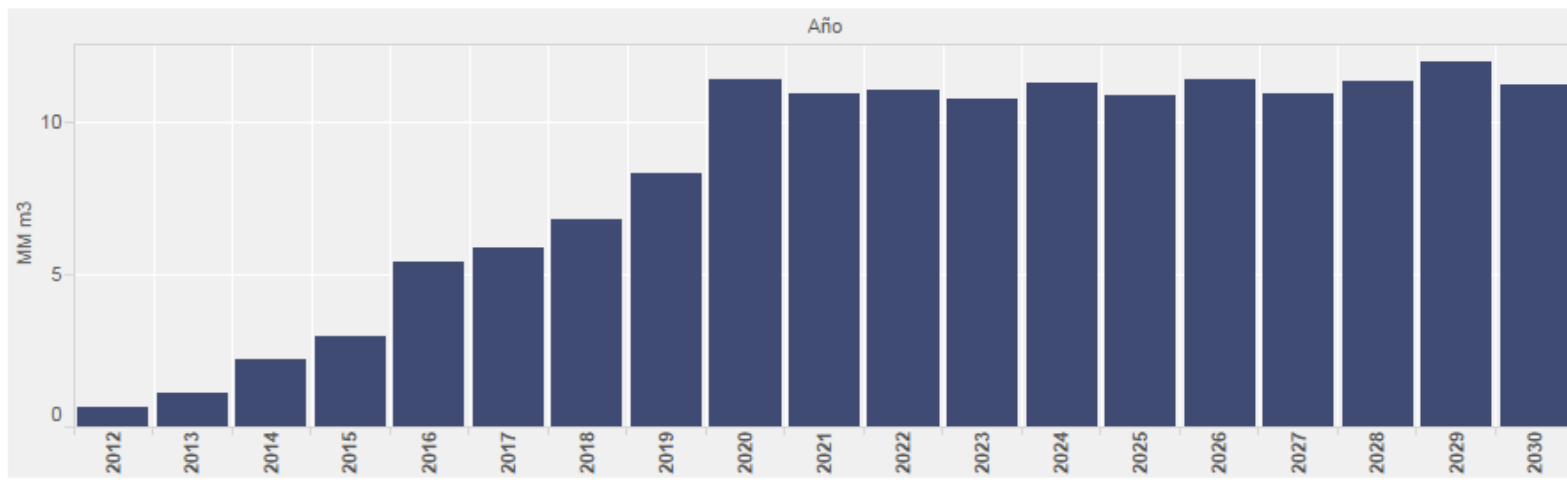
**Volumen de agua/fractura X Número de fracturas/año =  
Volumen de agua/año**

# REQUERIMIENTOS DE AGUA

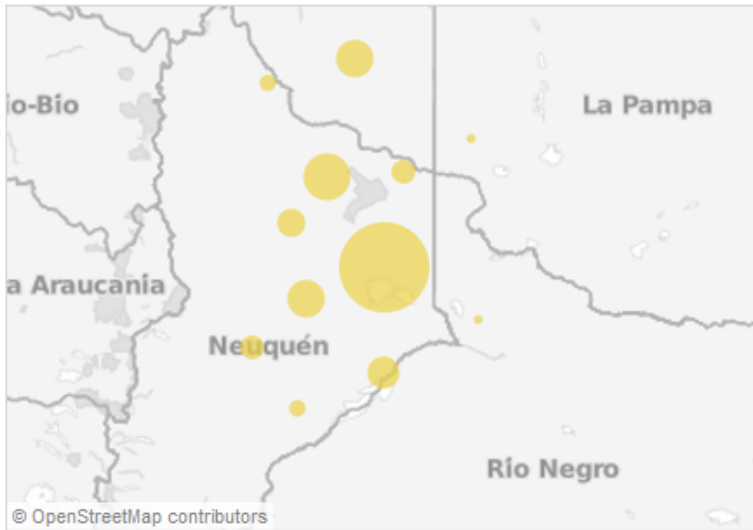


## ► Agua

Concentración espacial de los requerimientos de agua con más de 11,3 MM m<sup>3</sup> de agua al 2030 (eq. a el 0.020% del caudal hídrico de la Provincia de Neuquén y al 0,4% del agua consumida en la Provincia)

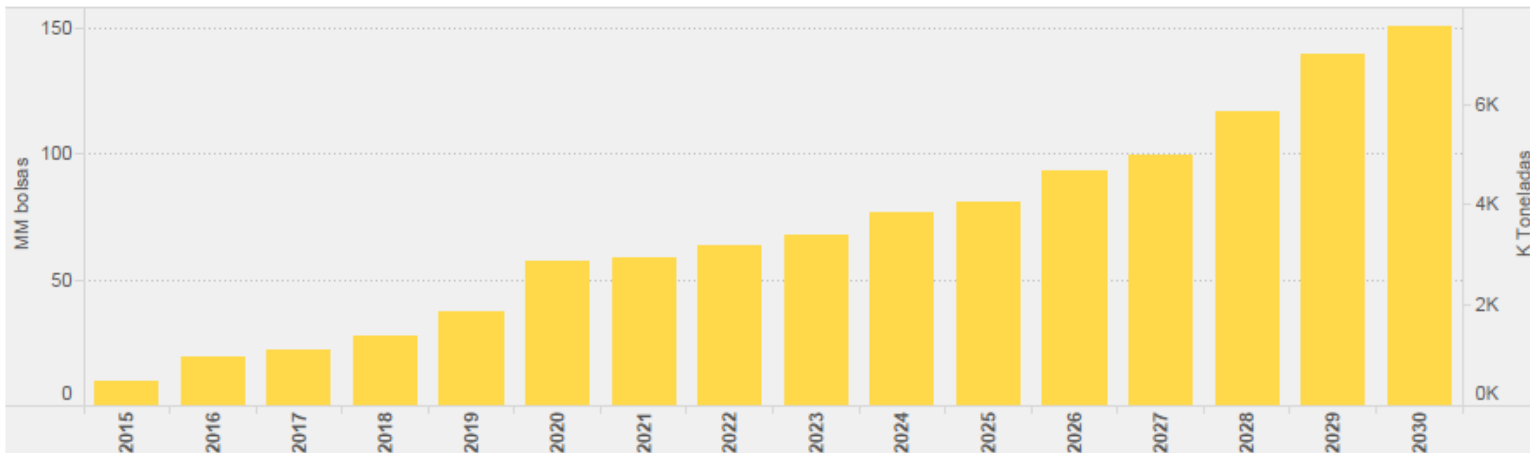


# LOGÍSTICA – REQUERIMIENTOS DE ARENA



## ► Proppants

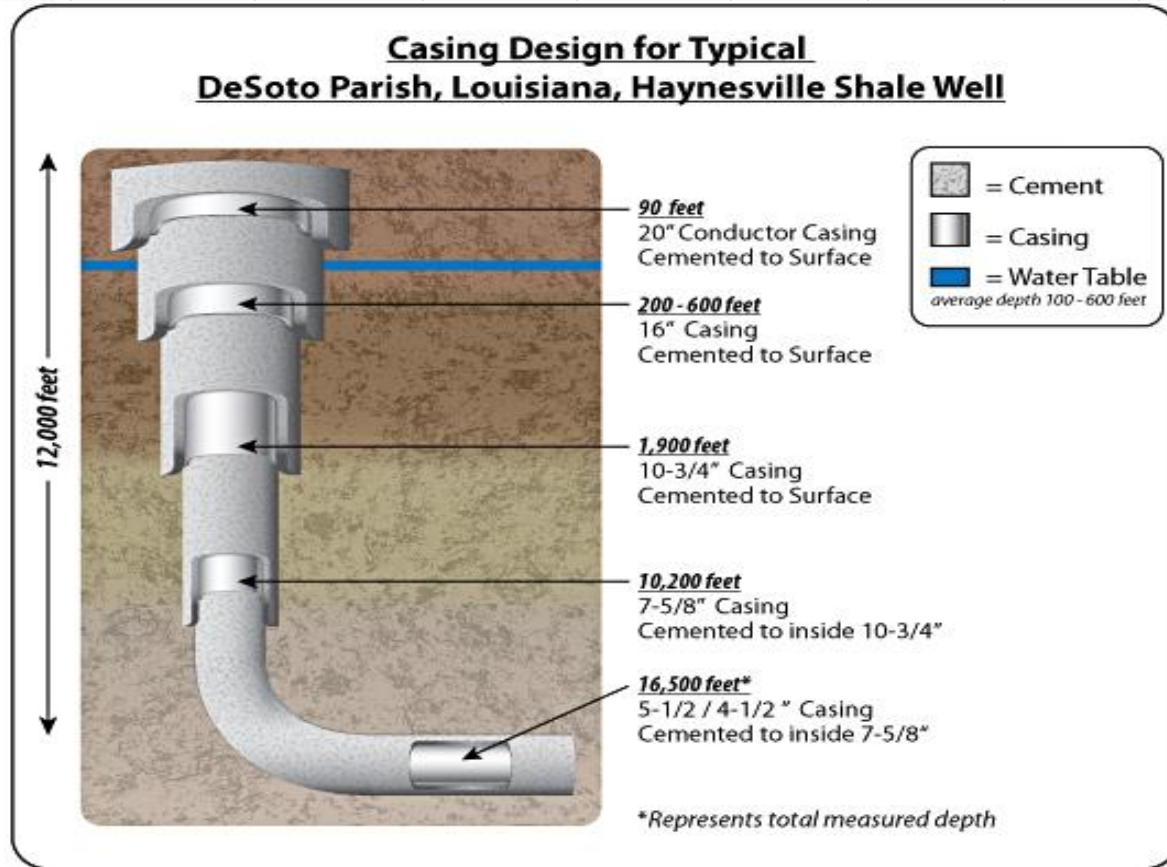
Al 2030 se estarían demandando más de 7,5 millones de tons. de agente sostén (150 MM bolsas)



**250 ton/fractura y 150 ton/fractura para las ventanas de petróleo y gas respectivamente. Actualmente se utiliza arena importada. YPF está estudiando producir arena de fractura desde una cantera en Chubut**

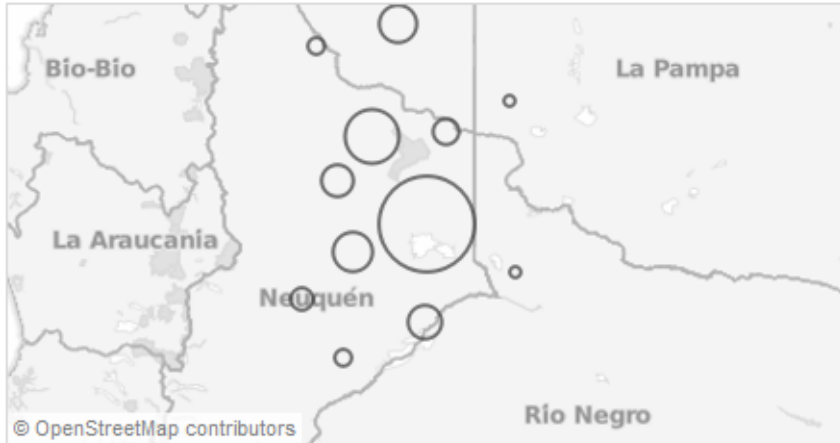
# REQUERIMIENTOS DE CAÑERÍAS – EJEMPLO DE CASING

0	Sección I	Sección II	Sección III	Sección IV	Sección V	Sección VI	Sección VII	Sección VIII	Sección IX	Sección X	Sección XI	Sección XII
Prof media	1800	2400	1800	2200	1600	1000	1100	1180	1200	900	1200	1100



20 "	27 metros
16 "	120 metros
10 3/4"	16% de la prof media
7 5/8"	85% de la prof. media
5 1/2"	Prof. media + Lateral

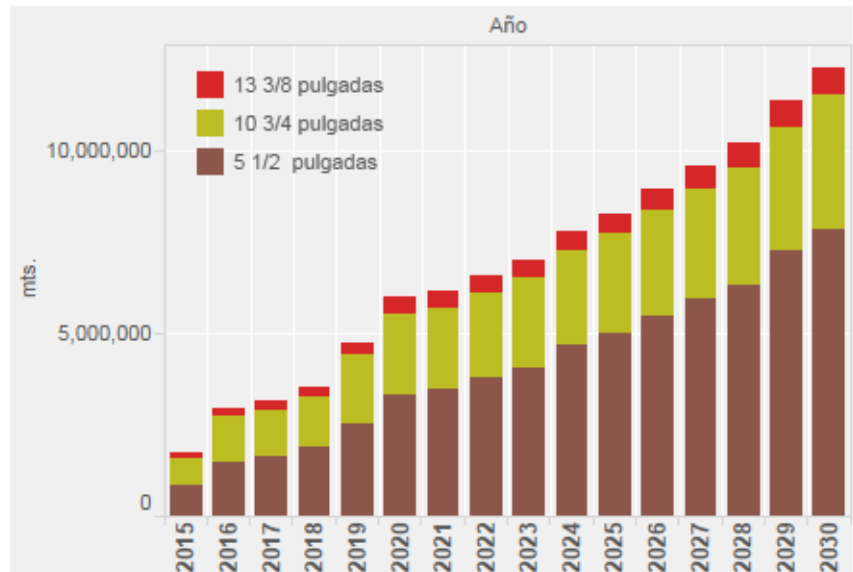
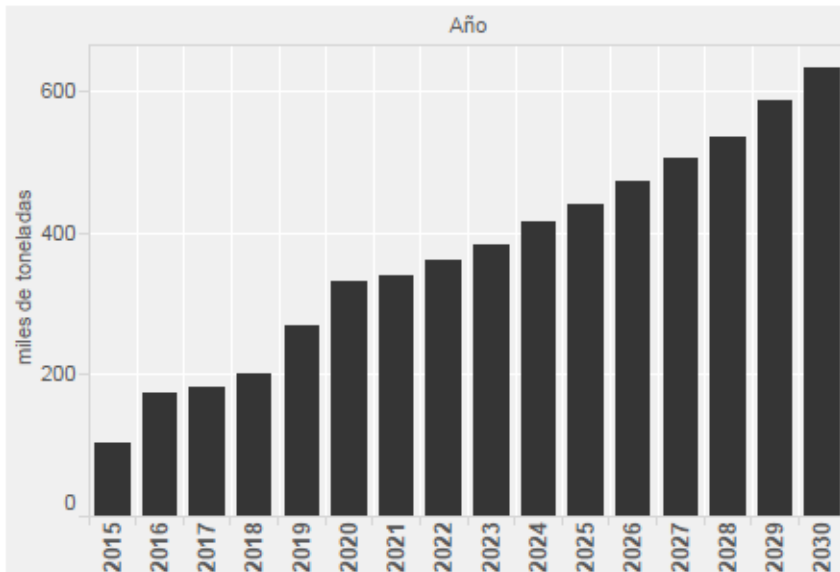
# REQUERIMIENTOS DE CAÑERÍAS



## ► Cañerías

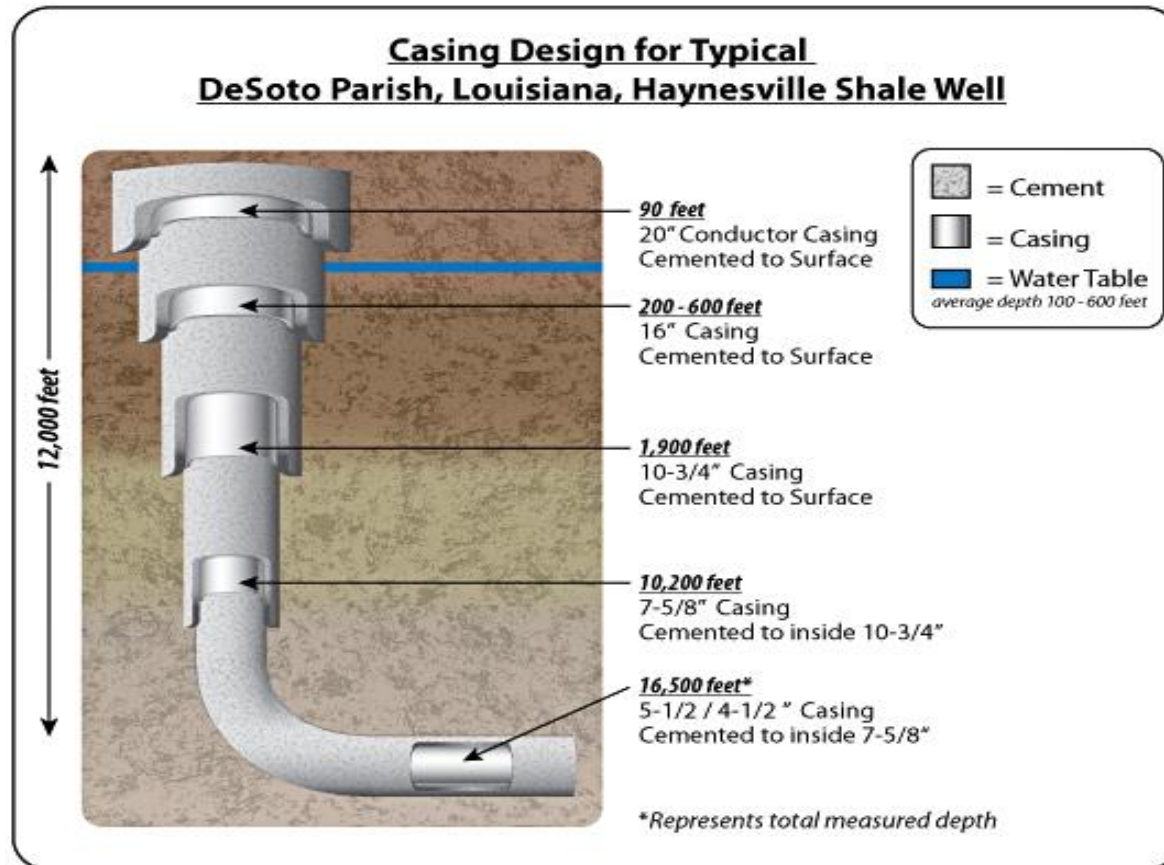
Elevada demanda de caños. Al 2030 se demandarían más de 0,6 MM tons.

Más de 12 mil km de líneas de casing de diferentes diámetros.



**Al año 2030, 12,000 km de caños, 620,000 ton de acero. Prácticamente toda la producción actual del país. Argentina produce actualmente 820,000 ton de tubos sin costura.**

# REQUERIMIENTOS DE CEMENTO



$$Vol = \frac{\pi}{4} \left( (\phi + 2 \times t)^2 - \phi^2 \right) \times L \times (1 + 0.20)$$

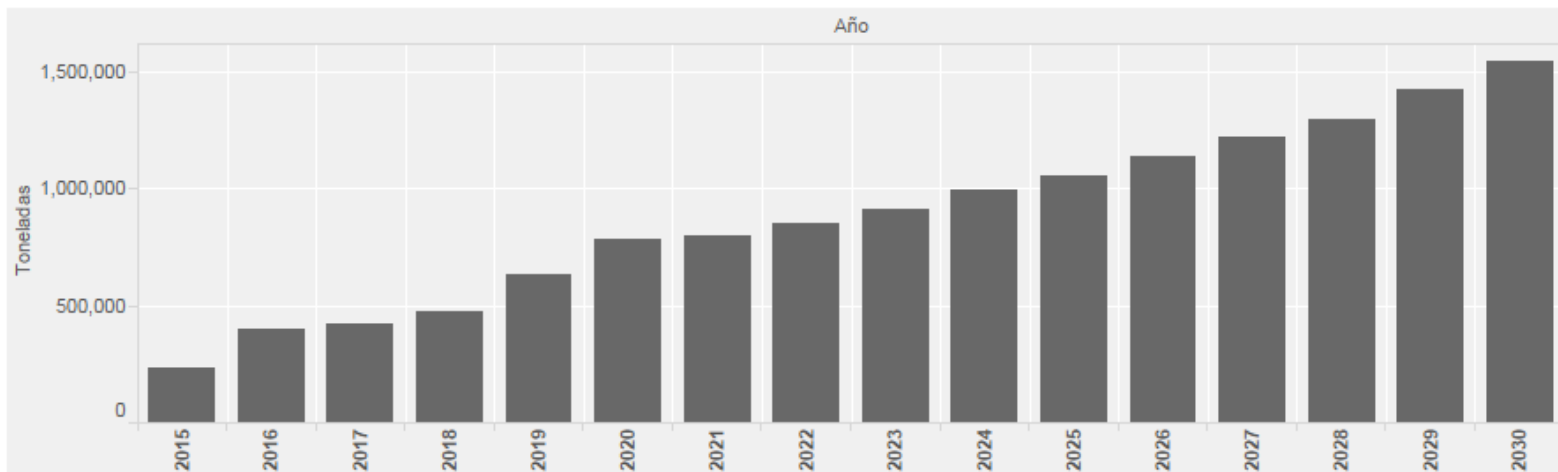
t= 2 " de cemento entre el tubo y el borde del pozo

# REQUERIMIENTOS DE CEMENTO



## ► Cemento

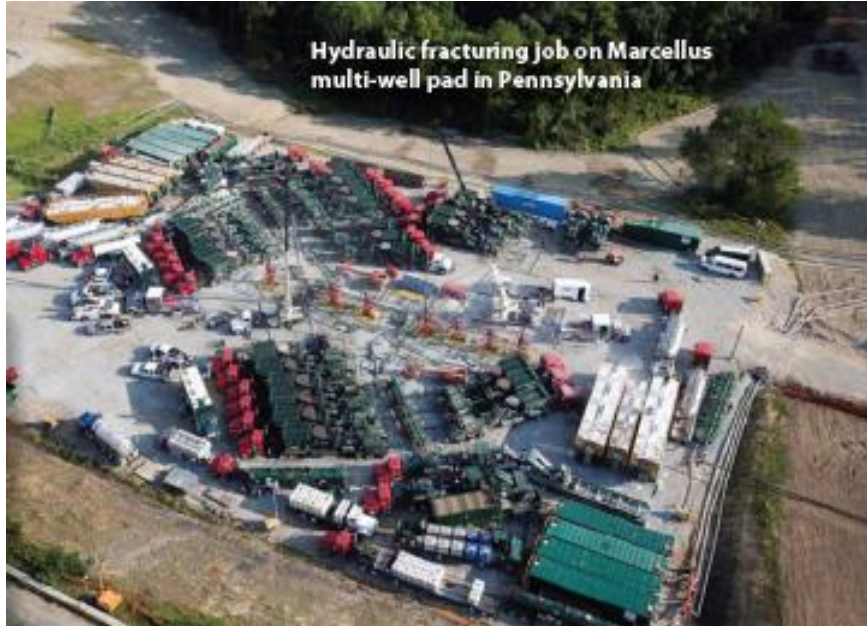
En 2030:  
Se demandarían más de 1,5 millones de tons de cemento para asegurar la correcta integridad de los pozos.



**Producción cemento 2013 = 12 MM de toneladas. Consumo de 780,000 ton 2020 y 1.5 MM ton en 2030.**

**Consumo de cemento de Neuquén 2013 = 240,000 ton (al 2020 un aumento del 400%)**

# REQUERIMIENTOS DE POTENCIA DE FRACTURA



## PAD

Piloto = 2 pozos/pad = 12,000 HP/pad

Desarrollo = 8 pozos/pad = 40,000 HP/pad

HP Total= Total de pozos/ Pozos/Pad x HP/Pad

Potencia por camión (HP)	
Potencia prom 2012	1500
Potencia prom 2030	4000

Cantidad de camiones = HP total/Potencia por camión

Velocidad de la operación:

Fracturas /día

Fracturas/año

FRAC X day	
2012	3.0
2013	3.2
2014	3.5
2015	3.7
2016	4.0
2017	4.3
2018	4.6
2019	5.0
2020	5.4
2021	5.8
2022	6.2
2023	6.6
2024	7.1
2025	7.7
2026	8.3
2027	8.9
2028	9.5
2029	10.3
2030	11.0

TOTAL FRAC JOBS	
2012	256
2013	551
2014	1,517
2015	2,144
2016	4,304
2017	5,113
2018	6,500
2019	8,645
2020	13,256
2021	13,696
2022	15,051
2023	15,956
2024	18,353
2025	19,445
2026	22,376
2027	24,028
2028	27,679
2029	33,141
2030	36,056

Cantidad de fracturas / Fracturas/día

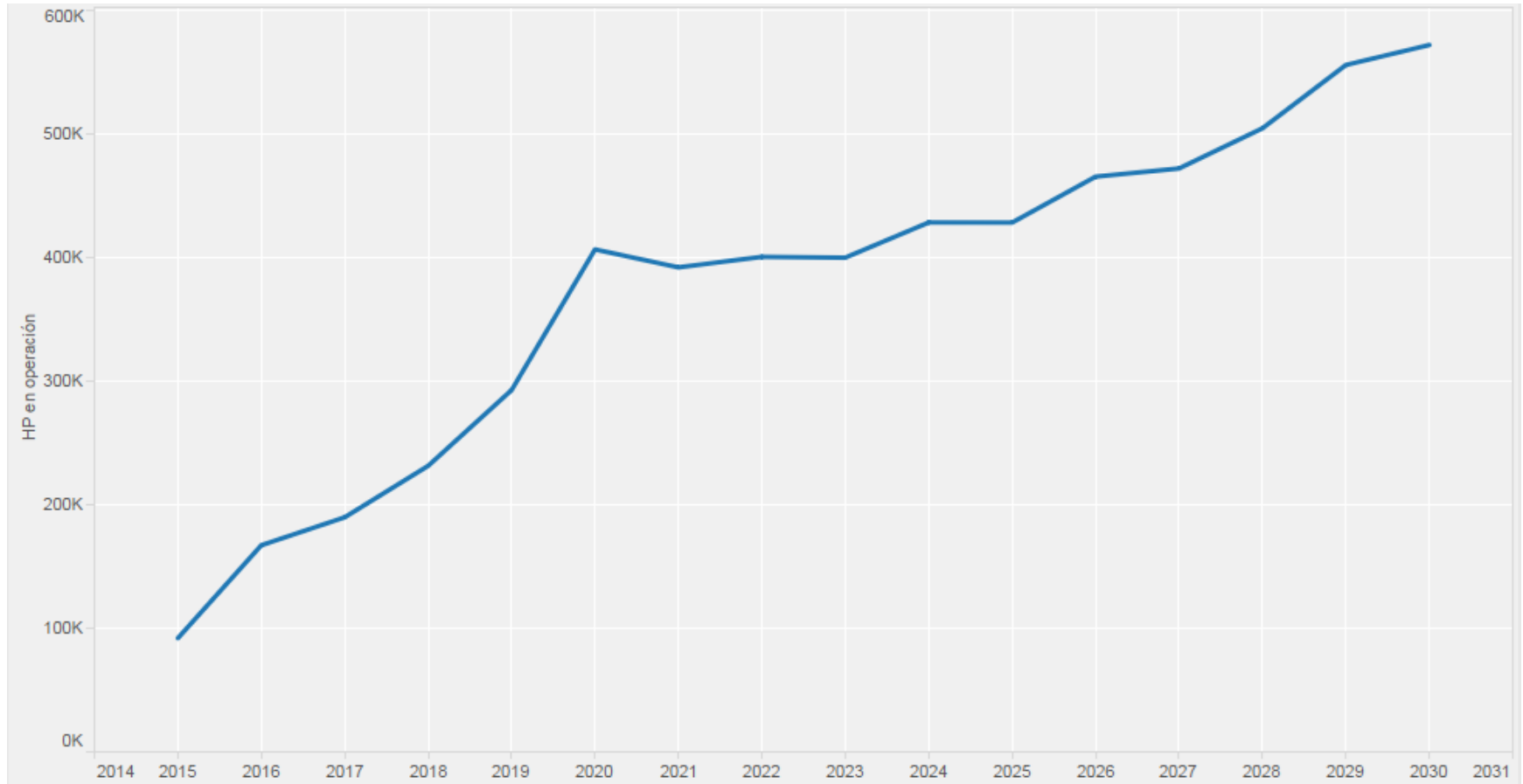
=

Días de camión estacionado

Con los días de camión estacionado determino la cantidad de equipos que necesito simultáneamente en operación



# REQUERIMIENTOS DE POTENCIA DE FRACTURA



**En el año 2030 se necesitarán 580,000 HP en forma simultánea**

**Todo del sistema de transporte de gas instaló desde 1949 hasta hoy 1,150,000 HP**

# RESUMEN AL AÑO 2030

- 11 MM de m<sup>3</sup> de agua
  - 1.5 MM de ton de cemento
  - 7.5 MM de ton de arena
  - 0.6 MM de ton de acero
  - 680,000 HP de compresión simultáneos
- 
- Infraestructura de transporte

# Estimación de los requerimientos de viajes y camiones para la logística

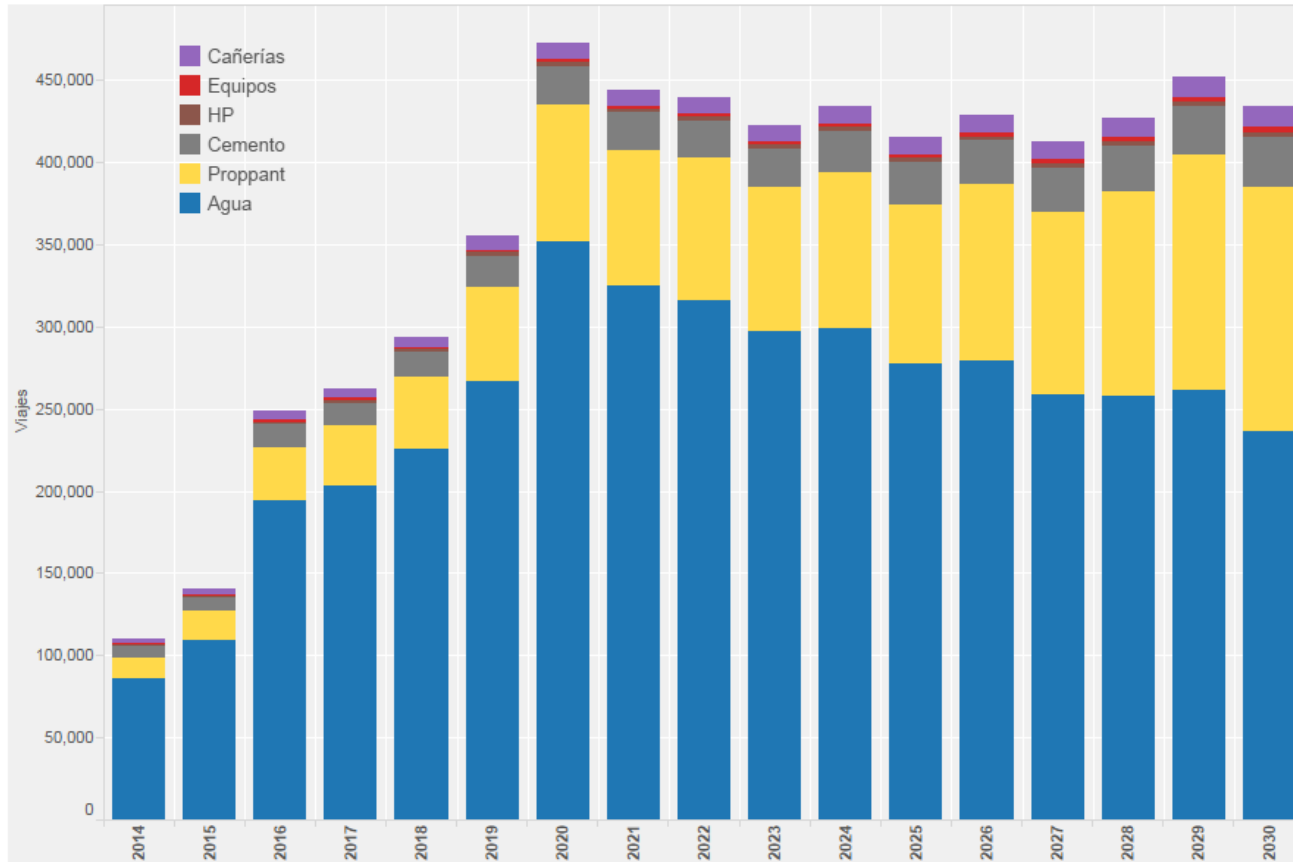
Evolución de la capacidad de camiones en ton/camión (Eficiencia en camiones)

Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Camiones CAPACIDAD</b>	25,0	26,0	27,0	28,1	29,2	30,4	31,6	32,9	34,2	35,6

2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
37,0	38,5	40,0	41,6	43,3	45,0	46,8	48,7	50,6

**Ton de agua, cemento, arena, cañerías**  
**/**  
**Capacidad de camión**  
**=**  
**Cantidad de viajes**

# REQUERIMIENTOS DE VIAJES DE CAMIONES



**450,000 viajes por año al 2020**

# Estimación de los requerimientos de viajes y camiones para la logística del shale

Cantidad de camiones (agua, arena, FB, cemento y cañerías) :

Se asume que cada viaje implica 4 días promedio del camión entre tiempo de carga/descarga y tiempo de ida y vuelta

Escenarios:

Eficiencia en el sector Transporte

Eficiencia en el sector Transporte + acueducto

Eficiencia en el sector Transporte + acueducto + Tren

	Acueducto penetración	tren				
		HP	Eq	Proppant	Cemento	Caños
2012	20%	30%	30%	40%	40%	40%
2013	25%	35%	35%	44%	45%	45%
2014	31%	40%	40%	48%	50%	50%
2015	39%	46%	46%	53%	56%	56%
2016	49%	52%	52%	59%	63%	63%
2017	61%	60%	60%	64%	70%	70%
2018	76%	69%	69%	71%	79%	79%
2019	77%	70%	70%	72%	79%	79%
2020	78%	71%	71%	72%	80%	80%
2021	79%	71%	71%	73%	80%	80%
2022	79%	72%	72%	74%	81%	81%
2023	80%	73%	73%	74%	81%	81%
2024	81%	74%	74%	75%	81%	81%
2025	82%	74%	74%	76%	82%	82%
2026	83%	75%	75%	77%	82%	82%
2027	83%	76%	76%	78%	83%	83%
2028	84%	77%	77%	78%	83%	83%
2029	85%	77%	77%	79%	83%	83%
2030	86%	78%	78%	80%	84%	84%

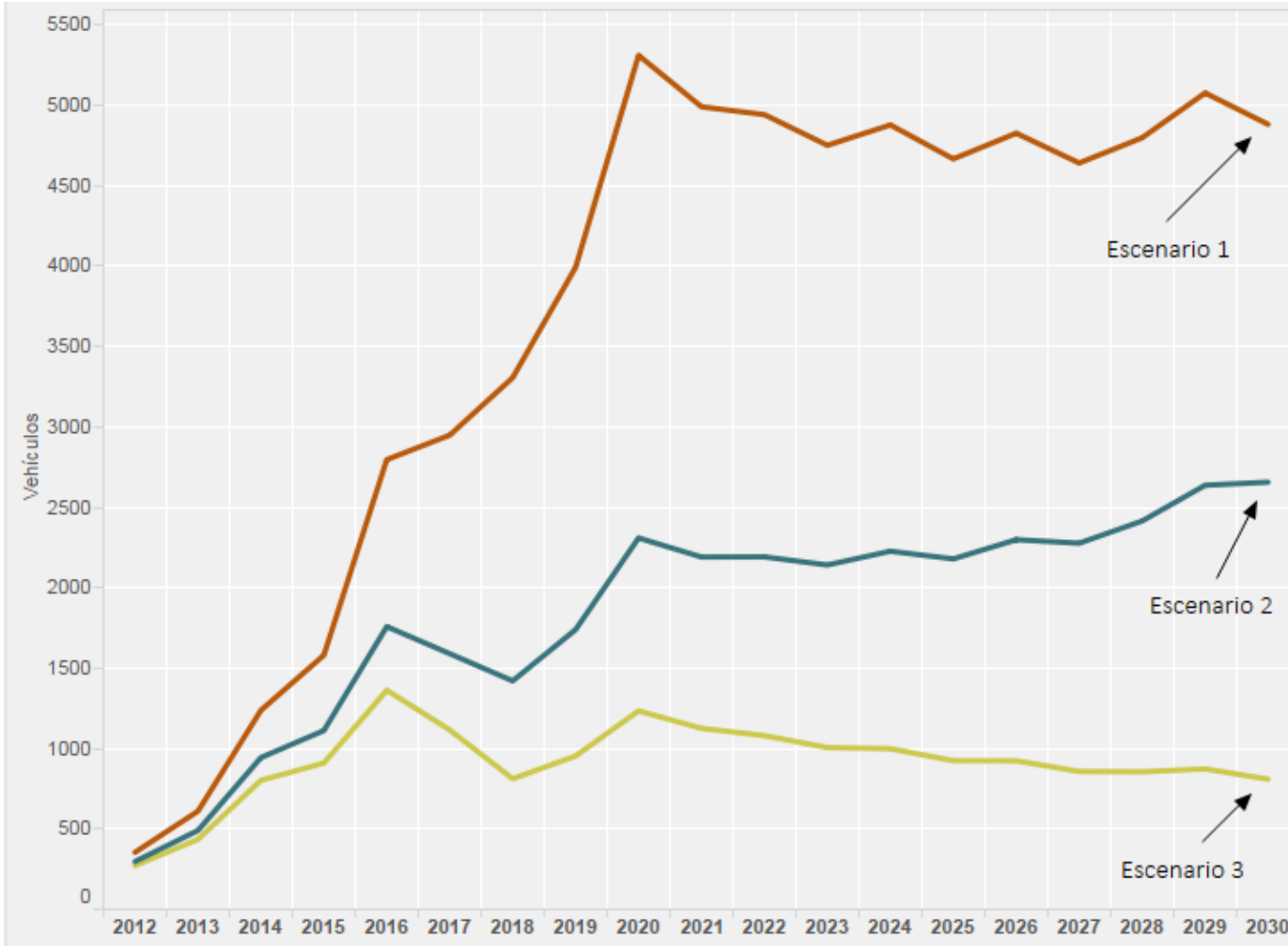
# REQUERIMIENTOS DE CAMIONES

Escenarios:

Eficiencia en el sector Transporte

Eficiencia en el sector Transporte + acueducto

Eficiencia en el sector Transporte + acueducto + Tren



**Parque estimado de camiones > 4 ton = 60,000**

**Se necesitarían en el año 2020 unos 5,000 camiones cisterna**

# **REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DEL RESERVORIO DE VACA MUERTA (NEUQUÉN/ARGENTINA)**

## **REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA**

**ACUEDUCTOS**

**CAMINOS**

**VIAS FERREAS**

# ACUEDUCTOS



**Consumo por pozo 10,000  
m<sup>3</sup>/pozo**

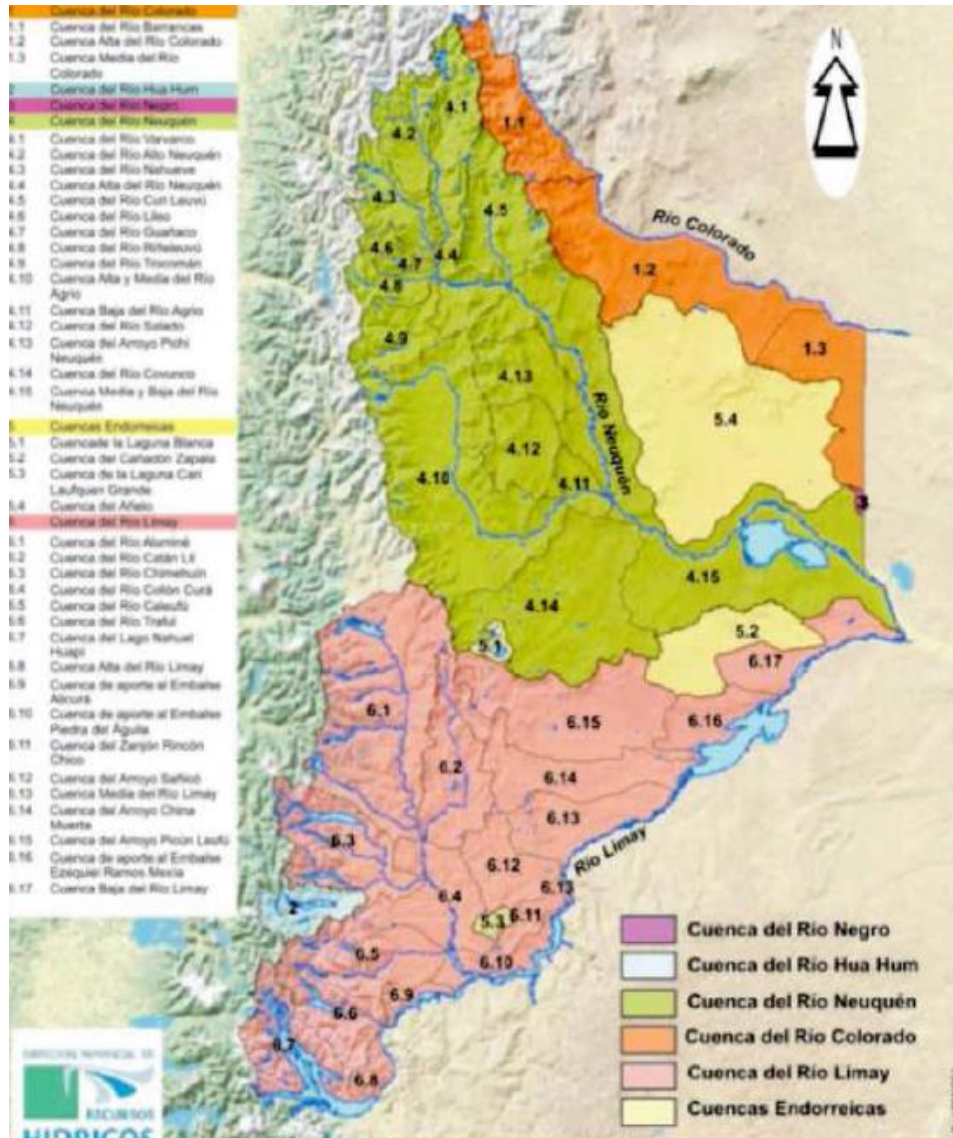
**100 x 100 x 1 m**



# ACUEDUCTOS



# ACUEDUCTOS



Cuenca del Río Colorado  
Cuenca del Río Neuquen

# ACUEDUCTOS– RED AZUL



## Fuentes:

- Río NEUQUÉN, río COLORADO, Trocomán y Agrio;
- Arroyo Picún Leufú ó Butaco;
- Canal de Añelo.

# CAMINOS

Obra nueva: 2.8 Millones de U\$\$ / Km x 200 km = 560 MM US\$

Considerando que la obra nueva no incluye necesidad de puentes grandes ni de ensanches de los existentes (sí las estructuras de drenaje típicas y algún que otro puente de envergadura pequeña), considerando una estructura compuesta por capa de rodamiento asfáltica, base asfáltica y base y subbase granular, apoyada sobre una subrasante de capacidad portante media y que el tránsito puede ser absorbido con una calzada indivisa de 1 carril por sentido de circulación.

Obra de Rehabilitación: 1.5 Millones de U\$\$ / Km x 200 km = 300 MM US\$

Solo a los fines de comparación, construir **200 km de rutas nuevas y rehabilitar otros 200 km de rutas existentes** (la distancia de la ciudad de Neuquén a Añelo en el centro de la actividad productiva es de unos 100 km) implicarían una inversión del orden de los **860 MMUS\$**

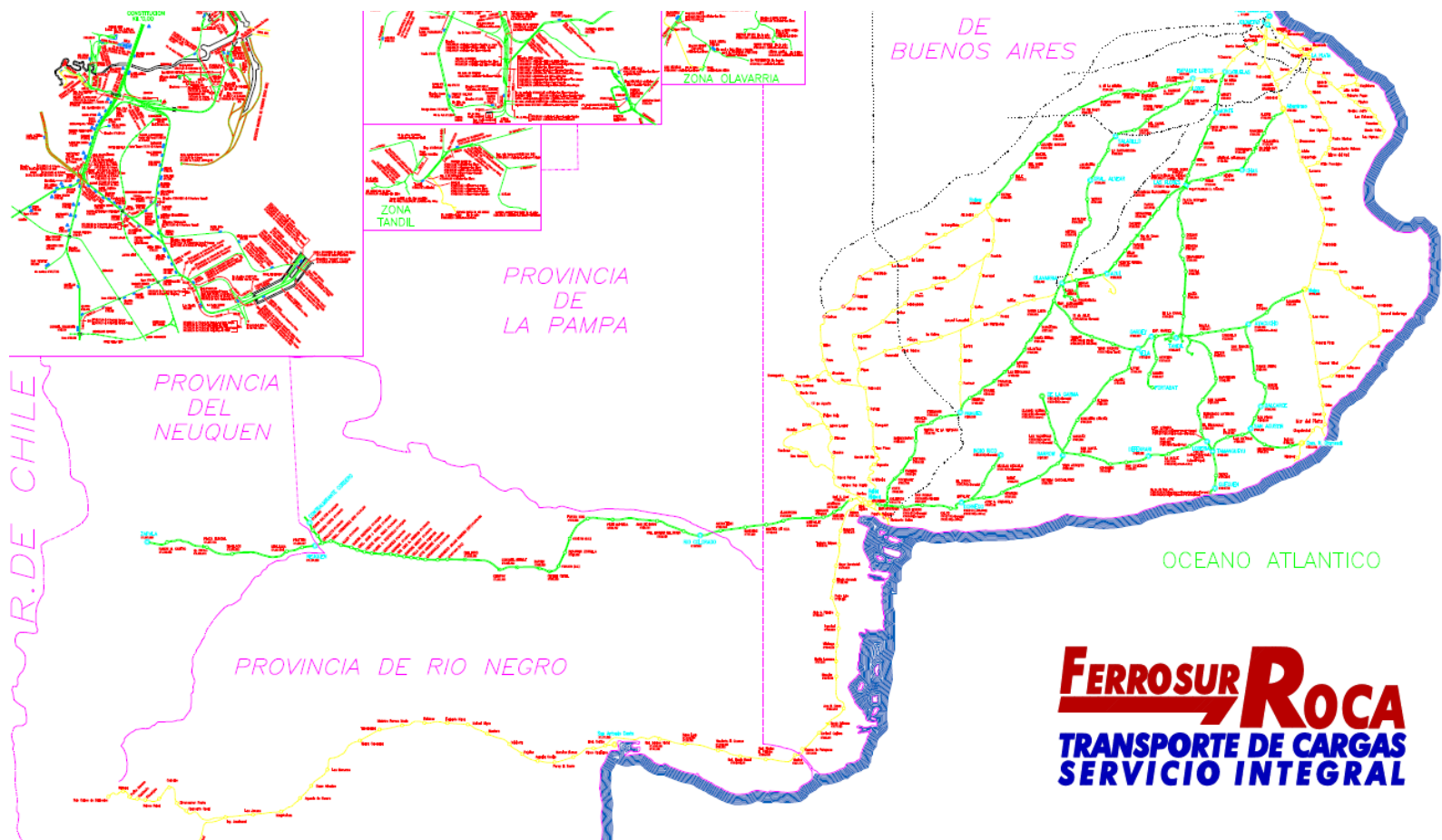
## TREN

Para el cálculo de la cantidad de trenes se parte del Escenario 3 donde surgen **5.5 MM Ton de material** a ser transportadas en el año 2026, sobre formaciones que estimamos con capacidad de 900 Tn cada una. Nótese que implica la circulación promedio de **17 trenes diarios por sentido**. La evolución con el tiempo de esta frecuencia, alcanza los 10 y 13 trenes por día para los años 2020 y 2024 respectivamente.

# TREN

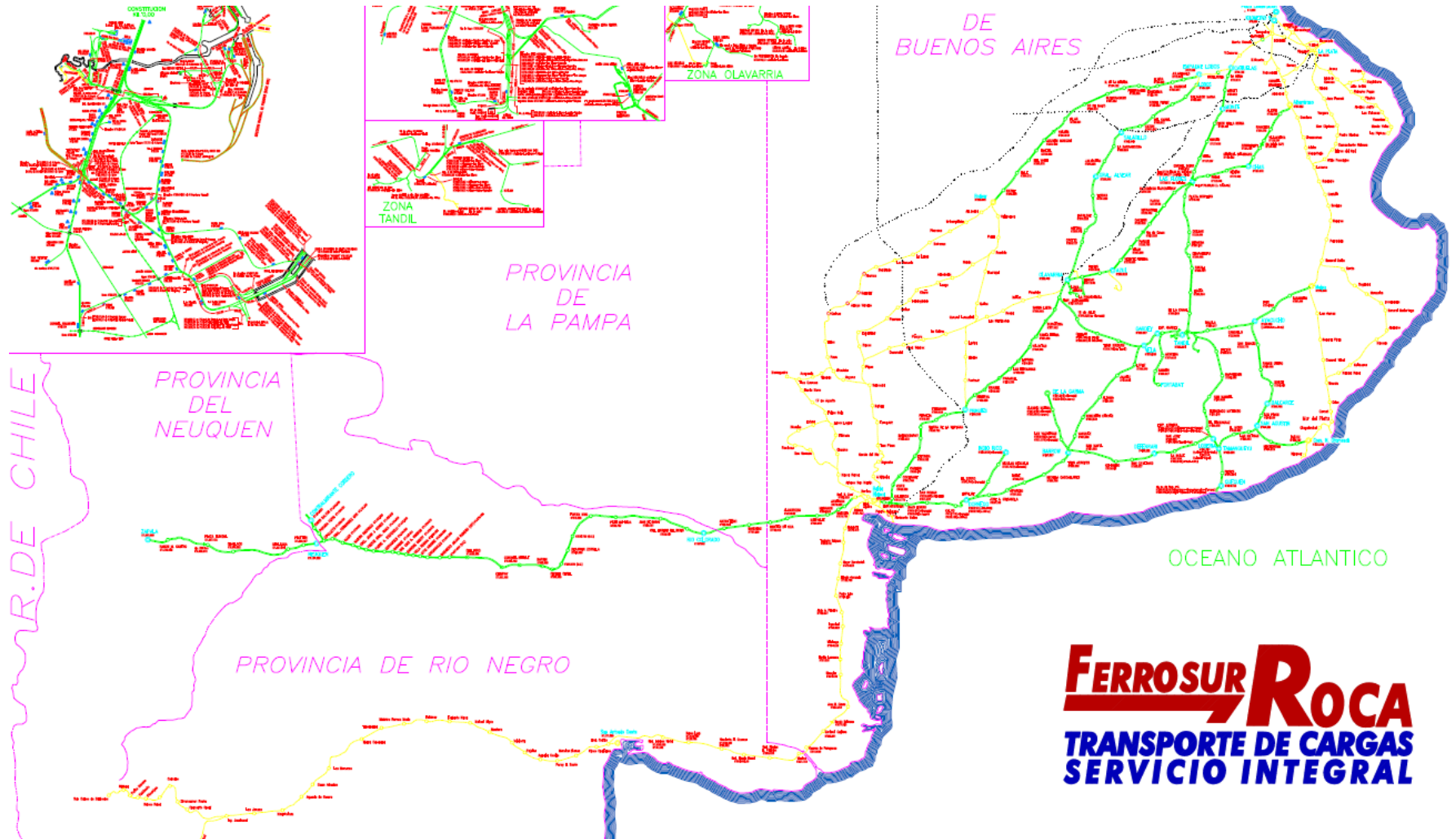
Bahía Blanca - estación Neuquén cargas = 570 kms.

El estado de la infraestructura ferroviaria de este ramal es regular y a efectos de garantizar la seguridad y confiabilidad en la circulación de los trenes y mejorar parcialmente las velocidades resultaría necesario el cambio parcial de durmientes y sus fijaciones, la realización de soldaduras, el tratamiento de juntas y algún reemplazo parcial de rieles fundamentalmente en aquellas curvas de radio reducido. **150,000 us\$/ km de vía mejorada = 60 MM US\$**



# INFRAESTRUCTURA – TREN Nuevo Ramal estación Neuquén cargas - Añelo = 100 kms.

2 MMUS\$/ km de vía nueva = 200 MM US\$



# **REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DEL RESERVORIO DE VACA MUERTA (NEUQUÉN/ARGENTINA)**

## **REQUERIMIENTOS DE RECURSOS HUMANOS**



# REQUERIMIENTO DE RECURSOS HUMANOS

## ► Empleo

Escenarios:

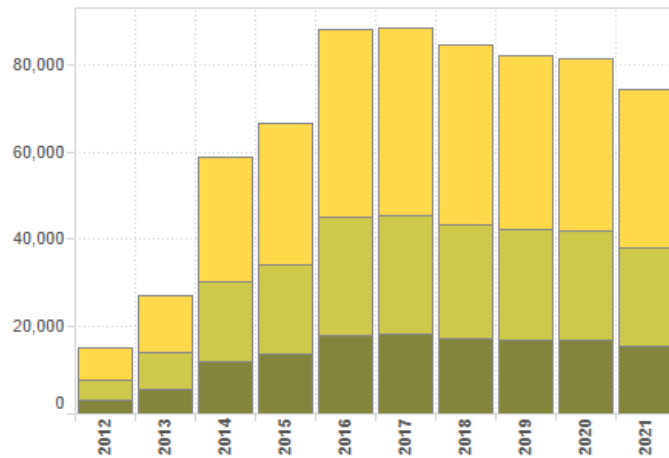
A. Alto Contenido Local

B. Bajo Contenido Local

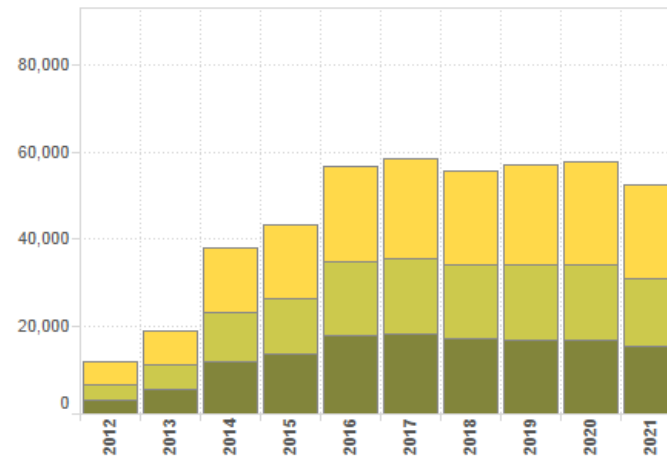
■ Inducido  
■ Indirecto  
■ Directo

De no aplicarse políticas dirigidas a un alto contenido local, se podrían reducir has casi un 50% en empleo demandado.

Escenario A



Escenario B



Estos números pueden compararse con la población total de la provincia de 233,000 habitantes en el año 2010, lo que se traduciría en una **población económica activa** de alrededor de **100,000 personas**. Por lo tanto en el escenario A significaría un aumento de más del 90% en el total de puestos de trabajo y de más del 60% en el caso B.

# **REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DEL RESERVORIO DE VACA MUERTA (NEUQUÉN/ARGENTINA)**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

# RECOMENDACIONES

- **Aspectos institucionales**

Se considera prioritario adoptar políticas nacionales y provinciales proactivas y coordinadas para facilitar el desarrollo de los RnC, con el objeto de poder alcanzar - en una primera instancia - el autoabastecimiento energético nacional. Cabe destacar que el IE/ANI propicia la creación de una **Agencia Federal de Energía** (con participación nacional y provincial)

- **Aspectos regulatorios**

Si bien la recientemente sancionada Ley de Hidrocarburos contempla el caso de los Reservorios No Convencionales, se requerirá dictar una normativa especial para su desarrollo:

(i) una política energética integral de mediano y largo plazo

(ii) una eficaz coordinación de políticas de exploración y desarrollo de reservorios de hidrocarburos “convencionales” y “no convencionales”

(iii) la adecuación y coordinación de aspectos específicos de la regulación ambiental existente

(iv) Complementación de iniciativas de promoción de los RnC a nivel nacional y provincial.

# RECOMENDACIONES

- **Inversión pública**

Este trabajo ha permitido demostrar los enormes beneficios económicos y de sustentabilidad ambiental que aportaría – al desarrollo de Vaca Muerta - una adecuada combinación de vías férreas, caminos y acueductos. Las inversiones no parecerían ser significativas en comparación con la inversión privada.

Es imprescindible realizar a la brevedad un profundo estudio de inversiones, con la coordinación de los gobiernos nacional y provincial, que contemple los requerimientos logísticos de los productores de hidrocarburos, con miras a propender a la optimización de las infraestructuras necesarias de las redes de transporte.

- **Asistencia a municipios locales**

Los gobiernos nacional y provincial deben prestar asesoramiento a los municipios y organizaciones locales para la planificación y el desarrollo urbanístico, así como para el manejo administrativo y social de la significativa afluencia de dinero y personas que acompañarán el “boom” de Vaca Muerta.

# RECOMENDACIONES

- **Producción de bienes y servicios**

Los gobiernos nacional y provincial - junto con los productores de hidrocarburos - deberían coordinar el relevamiento, la evaluación y la planificación de la producción local de los enormes requerimientos de bienes y servicios

Debería facilitarse el acceso al crédito para la realización de inversiones privadas tempranas orientadas al incremento de la producción nacional de tubos sin costura, cemento, arena de fractura, compresores, etc que puedan anticiparse a la demanda.

Ello minimizaría las importaciones requeridas para sostener el desarrollo de los RnC, permitiendo la utilización de mano de obra nacional y favoreciendo la creación de nuevas pequeñas y medianas empresas así como el crecimiento de las existentes.

- **Desarrollo tecnológico**

Para posibilitar el desarrollo tecnológico nacional y superar los innumerables problemas que surgirán de la producción de hidrocarburos del shale a gran escala, es imprescindible el impulso a la investigación, desarrollo, producción y comercialización de tecnologías y conocimientos en el área de los RnC de gas y petróleo.

En este sentido, resulta promisorio y debe darse impulso a iniciativas como Y-TEC (compañía de desarrollos tecnológicos creada en forma conjunta por YPF y el CONICET) así como al desarrollo de proyectos de investigación solventados por los productores de hidrocarburos, en las universidades y ámbitos académicos.

# RECOMENDACIONES

- **Producción de bienes y servicios**

Los gobiernos nacional y provincial - junto con los productores de hidrocarburos - deberían coordinar el relevamiento, la evaluación y la planificación de la producción local de los enormes requerimientos de bienes y servicios

Debería facilitarse el acceso al crédito para la realización de inversiones privadas tempranas orientadas al incremento de la producción nacional de tubos sin costura, cemento, arena de fractura, compresores, etc que puedan anticiparse a la demanda.

Ello minimizaría las importaciones requeridas para sostener el desarrollo de los RnC, permitiendo la utilización de mano de obra nacional y favoreciendo la creación de nuevas pequeñas y medianas empresas así como el crecimiento de las existentes.

- **Desarrollo tecnológico**

Para posibilitar el desarrollo tecnológico nacional y superar los innumerables problemas que surgirán de la producción de hidrocarburos del shale a gran escala, es imprescindible el impulso a la investigación, desarrollo, producción y comercialización de tecnologías y conocimientos en el área de los RnC de gas y petróleo.

En este sentido, resulta promisorio y debe darse impulso a iniciativas como Y-TEC (compañía de desarrollos tecnológicos creada en forma conjunta por YPF y el CONICET) así como al desarrollo de proyectos de investigación solventados por los productores de hidrocarburos, en las universidades y ámbitos académicos.

# RECOMENDACIONES

- **Recursos humanos**

Es urgente la formación de ingenieros y técnicos capaces de acompañar los desafíos tecnológicos de gran escala que requerirá el desarrollo de Vaca Muerta.

En este sentido, se considera necesario que los productores inviertan en el desarrollo de cursos, especializaciones, maestrías y carreras para la formación de recursos humanos en las distintas universidades del país. En una primera etapa puede ser conveniente la contratación de expertos de los Estados Unidos para capacitar profesores argentinos, quienes luego multiplicarían el conocimiento en sus respectivas cátedras de todo el país.

También será necesario un sistema masivo de becas, con costos compartidos por los gobiernos nacional y provincial - así como por la industria de hidrocarburos -, para fomentar entre los jóvenes del país el estudio de las especialidades más demandadas por el desarrollo del *shale* en Argentina.

Como corolario de las recomendaciones sugeridas, el Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ingeniería (IE/ANI), considera pertinente enfatizar la necesidad de llevarlas a la práctica con la **mayor premura posible**