

MODELADO Y SIMULACIÓN DE RED DE INYECCIÓN Y PRODUCCIÓN LOS PERALES

Autores:

- **Ing. Mauro Tarabelli; YPF (mauro.tarabelli@ypf.com)**
- **Ing. Hernan Smorzenuk; YPF (hernan.smorzenuk@ypf.com)**

Sinopsis:

Conocer la capacidad actual de la red de inyección y producción Los Perales para poder predecir y anticipar el comportamiento futuro, según los planes de desarrollo.

Se construyeron y simularon las redes de inyección de agua y de producción de petróleo del yacimiento Los Perales en las aplicaciones GAP y PROSPER de Petroleum Experts.

La red de inyección está compuesta por 3 plantas de tratamiento y corte de agua, 44 satélites y 383 pozos inyectoros. La red de producción está compuesta por 40 baterías, 3 plantas de tratamiento y corte de petróleo y 1596 pozos productores.

Como primera medida se calibraron los troncales de planta y ramales a satélites y baterías. Para validar esta etapa se tomaron en campo mediciones de presión en satélites, baterías y puntos intermedios, además de datos de telemetría.

Luego se procedió a agregar los pozos con sus respectivas líneas de conducción utilizando “Flowsheets” (herramienta en GAP que permite hacer agrupaciones de pozos).

Se generó un archivo Prosper por cada pozo, con instalación y curva de inyectividad. Luego se linkearon al modelo y en éste se generaron las VLP de los mismos.

Con los modelos completos se procedió a correr la simulación y se obtuvieron los datos de presión en cabeza de cada pozo, los cuales se compararon uno a uno con los datos obtenidos por telemetría para calibrar.

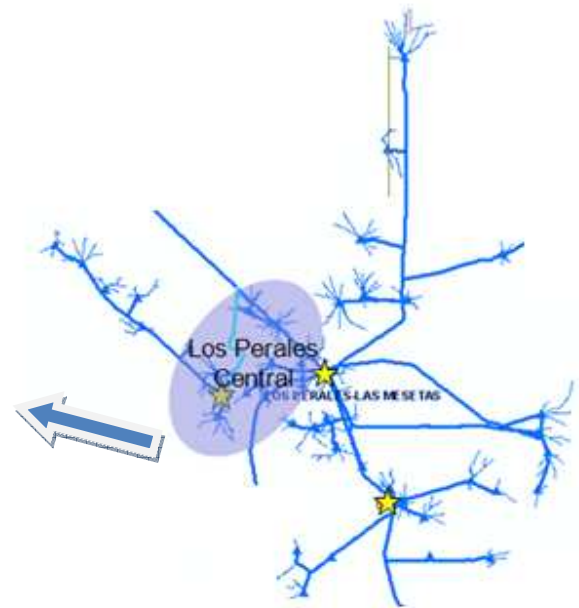
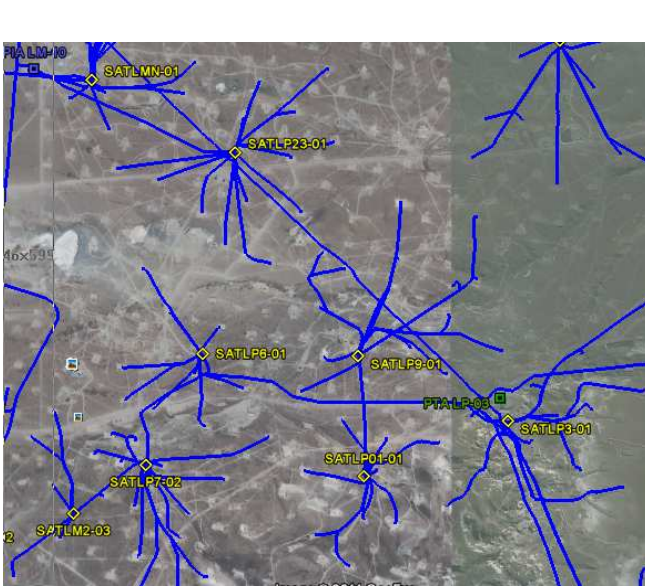
- Se modeló, construyó y calibró la red completa de producción del yacimiento, logrando que la misma sea apta para incorporarle los planes de desarrollo y permita predecir su comportamiento.
- Se obtuvo la máxima capacidad de red actual: Se ingresaron los valores de presiones máximas que soporta la red actual para determinar qué incremento de inyección se puede alcanzar sin modificar la red.
- Cálculo de pérdidas de cargas para identificar cuellos de botella: Se hizo un análisis de costo beneficio donde se ubicaron las líneas con mayores caídas de presión para evaluar su reemplazo.
- Cálculo de factor anual de reducción del diámetro interno de tuberías: Se hicieron predicciones del comportamiento de la inyección debido al incremento de incrustaciones.
- Se propusieron modificaciones para optimizar la performance de la red, económica y técnicamente, de las cuales algunas se llevaron a la práctica.

RED DE INYECCIÓN

Introducción:

La red de inyección de Los Perales está compuesta por 3 plantas de tratamiento y corte de agua LM-02, LP-03 y LP-24, acueductos de distribución en alta presión, satélites, líneas de inyección y 383 pozos inyectoros (272 activos).

La inyección actual es de 23000 m³/d aproximadamente y se encuentra repartida en 8 proyectos de Recuperación Secundaria.

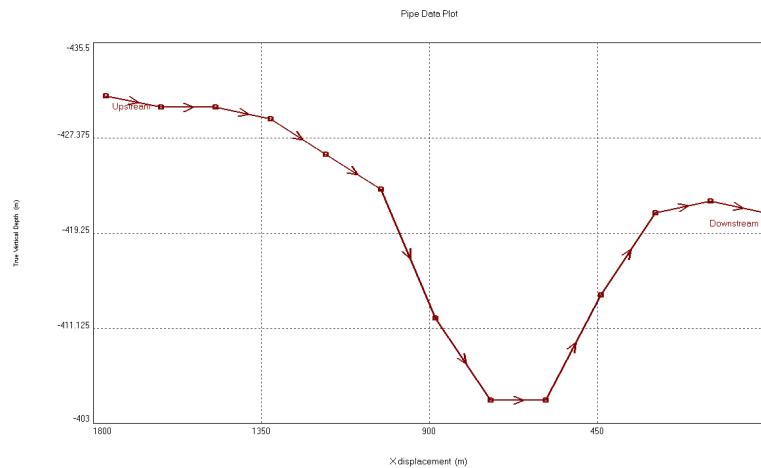


El ramal de inyección de Los Perales Central incluye dos plantas: la LP-03, con los satélites: LP-01, LP-03, LP-06, LP-07, LP-09 y LM-02V y la planta LM-10, con los satélites: LP-08 y LP-23:

Desarrollo:

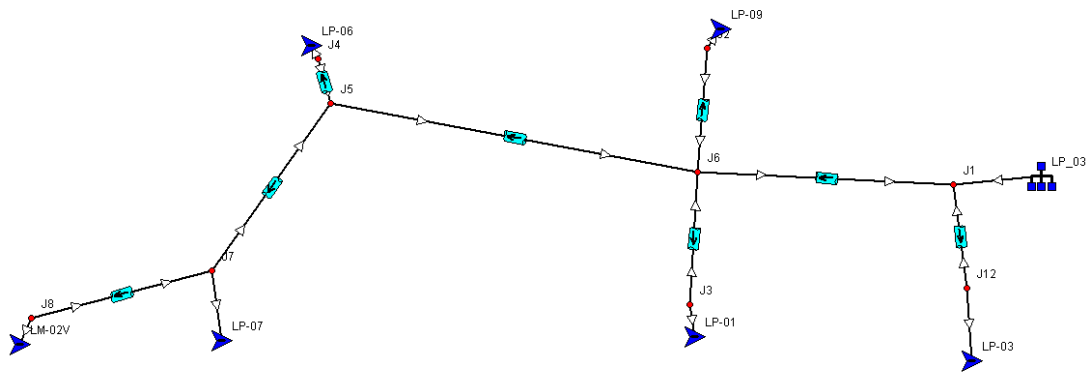
Construcción y calibración del modelo:

El modelo se construyó a partir de los troncales que salen de planta, utilizando mapas validados de la zona y la aplicación corporativa Arc-Gis de donde se obtuvo también la planialtimetría de cada tubería involucrada.

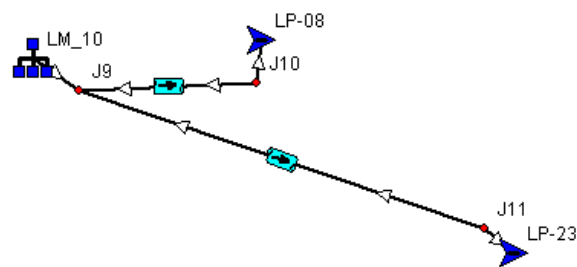


Se generó un archivo de GAP por cada uno (LPC-03 y LM-10) para realizar un análisis ordenado. En esta etapa se modelaron los satélites como sumideros, teniendo que cargar como datos al momento de la simulación la presión de salida en planta y el caudal de entrada en el satélite (representado por el sumidero).

LP-03:



LM-10:



Se calibraron los troncales y ramales a cada satélite tomando un día de presión estabilizada en planta y la presión y caudal en cada satélite (tomada por telemetría).

La calibración de la tubería se realizó reduciendo los diámetros desde los nominales (obtenidos desde la base de datos Arc-Gis) hasta registrar en la simulación los datos de presión en cada satélite:

Pipe - Input Screen

Segment Type	Length	TVD	Inside Diameter	Roughness	K Value	Fitting Type
	m	m	inches	inches		
1		-415				Choose
2	Line pipe	140.28	-415	2.9	0.0006	Choose
3	Line pipe	140.28	-414	2.9	0.0006	Choose
4	Line pipe	140.28	-412	2.9	0.0006	Choose
5	Line pipe	140.28	-412	2.9	0.0006	Choose
6	Line pipe	140.28	-413	2.9	0.0006	Choose
7	Line pipe	140.28	-414	2.9	0.0006	Choose
8	Line pipe	140.28	-415	2.9	0.0006	Choose
9						Choose
10						Choose
11						Choose
12						Choose
13						Choose
14						Choose
15						Choose
16						Choose
17						Choose
18						Choose
19						Choose
20						Choose
21						Choose
22						Choose
23						Choose

Copy | Paste | All | Invert | Cut | Insert | Delete | Total length 981.96 m

Enter elevations as Node TVDs

Flow Type: Tubing Flow

Rate Multiplier: 1

Maximum Length Step: 3048 m

Correlation: Mukerjee Brill

Gravity Coefficient: 1

Friction Coefficient: 1

(Downstream) LM2V

Swap Nodes

J7 (Upstream)

Match - [no data]

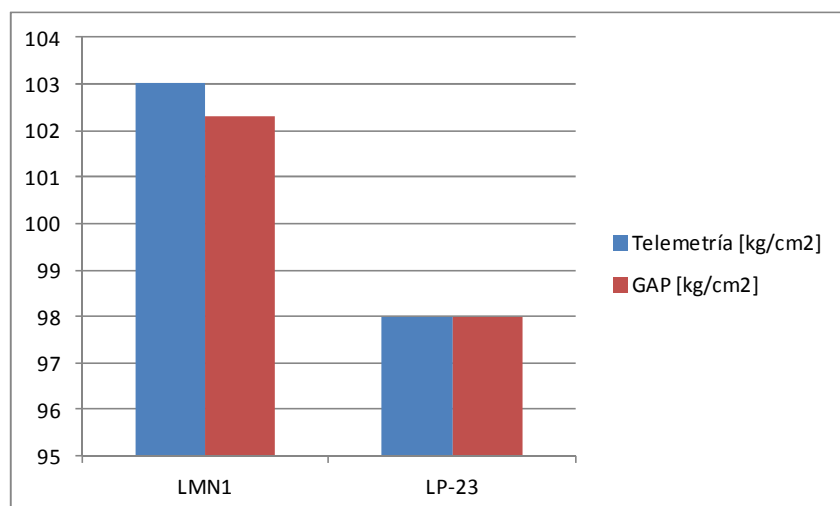
La justificación del ajuste del modelo modificando los diámetros de las cañerías radica en los ejemplos de cañerías con incrustaciones y en los datos físico químico del agua de inyección. Se observa en la foto la reducción del diámetro efectivo del caño por incrustaciones.



Como validación de esta etapa se tomaron en campo mediciones de presión en cada satélite y puntos intermedios disponibles con manómetro, verificando así los datos obtenidos de telemetría y mejorando calidad de calibración de los troncales:

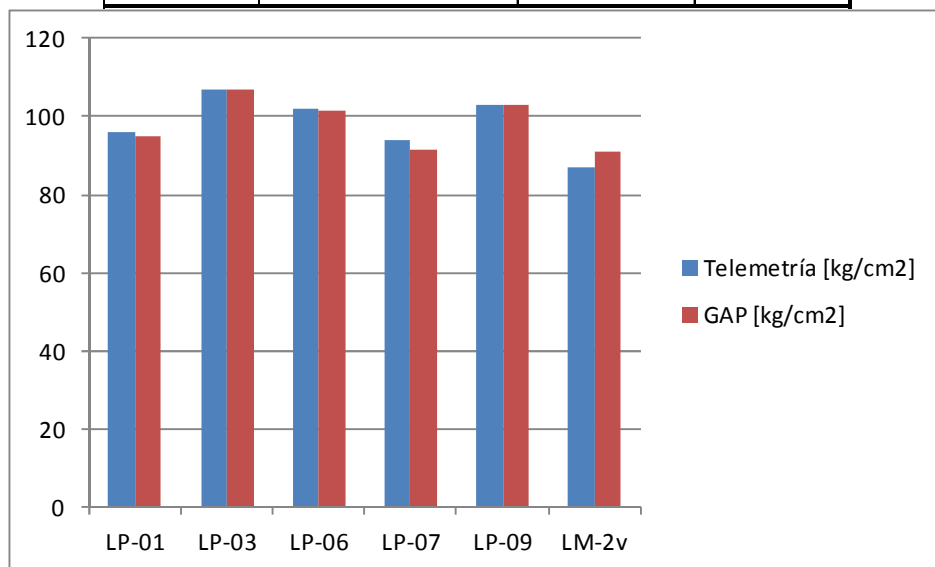
LM-10:

	Telemetría [kg/cm2]	GAP [kg/cm2]	% Dif
LMN1	103	102.3	0.68426197
LP-23	98	97.97	0.03062162



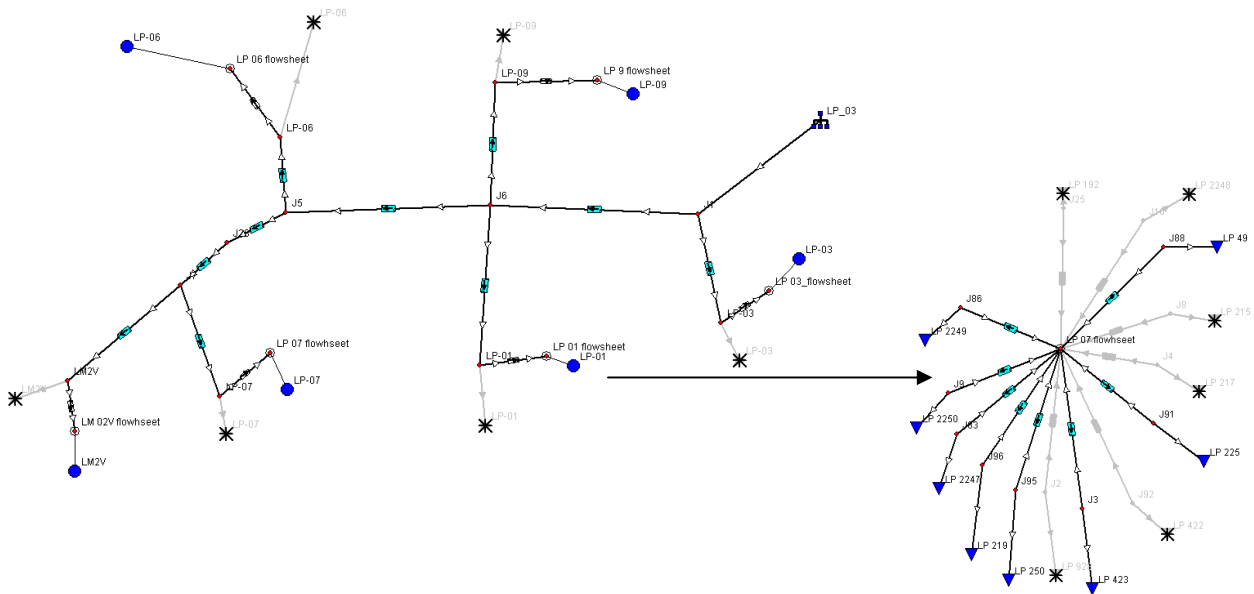
LP-03:

	Telemetría [kg/cm2]	GAP [kg/cm2]	% Dif
LP-01	96	94.8	1.26582278
LP-03	107	106.9	0.09354537
LP-06	102	101.3	0.69101678
LP-07	94	91.4	2.84463895
LP-09	103	103.1	0.09699321
LM-2v	87	91	4.3956044

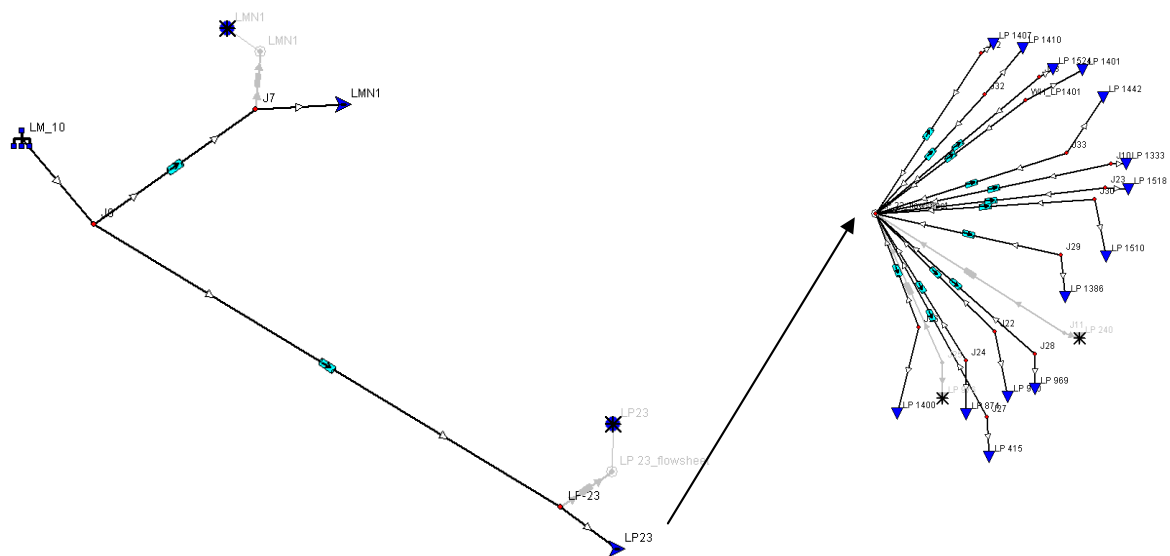


Luego de obtener los troncales y ramales calibrados respondiendo a las caídas de presión registradas en campo se procedió a agregar los pozos con sus respectivas líneas utilizando “Flowsheets” de GAP, deshabilitando de esta manera los sumideros que hasta ahora representaban los satélites:

LP-03:



LM-10:



Se cargaron en GAP todas las líneas de pozo con su respectiva planialtimetría obtenida de Arc-Gis de igual manera que los troncales y ramales a satélites. Con los pozos se generó un archivo de Prosper donde se cargó para cada uno la instalación (hasta el primer mandril que inyecta, debido que hasta aquí llega todo el caudal del pozo) y la curva de inyectividad mediante datos de trazadores (siempre y cuando sean actuales y válidos para el pozo) o controles válidos. En el modelo se agregaron todos los pozos con instalación y línea de conducción. Mediante la carga de datos se identificaron pozos que al día de hoy no inyectan, por lo tanto estos pozos aparecen en el modelo como cerrados.

LM 2V	
LM 31	1 CONTROL Y PI
LM 39	CERRADO
LM 56	1 CONTROL Y PI
LM 103	CERRADO
LM 112	CERRADO
LP 220	1 CONTROL Y PI

LP 7	
LP 49	1 CONTROL Y PI
LP 192	CERRADO
LP 215	CERRADO
LP 217	CERRADO
LP 219	1 CONTROL Y PI
LP 225	1 CONTROL Y PI
LP 250	1 CONTROL Y PI
LP 422	CERRADO
LP 423	1 CONTROL Y PI
LP 928	CERRADO
LP 2247	1 CONTROL Y PI
LP 2248	CERRADO
LP 2249	1 CONTROL Y PI
LP 2250	1 TRAZADOR Y PI

LP 6	
LP 149	1 CONTROL Y PI
LP 151	1 CONTROL Y PI
LP 159	1 CONTROL Y PI
LP 164	1 CONTROL Y PI
LP 165	1 CONTROL Y PI
LP 178	1 CONTROL Y PI
LP 182	1 CONTROL Y PI
LP 193	1 CONTROL Y PI
LP 194	1 CONTROL Y PI
LP 212	1 CONTROL Y PI

LP 1	
LP 9	CERRADO
LP 21	1 CONTROL Y PI
LP 51	1 CONTROL Y PI
LP 56	1 CONTROL Y PI
LP 69	1 CONTROL Y PI
LP 70	1 CONTROL Y PI
LP 94	1 CONTROL Y PI
LP 173	1 CONTROL Y PI
LP 532	1 CONTROL Y PI

LP 3	
LP 35	CERRADO
LP 55	CERRADO
LP 60	CERRADO
LP 62	1 CONTROL Y PI
LP 63	1 CONTROL Y PI
LP 133	1 CONTROL Y PI
LP 147	1 CONTROL Y PI
LP 157	1 CONTROL Y PI
LP 426	1 CONTROL Y PI
LP 631	1 CONTROL Y PI
LP 633	1 CONTROL Y PI
LP 634	CERRADO
LP 762	CERRADO

LP 9	
LP 30	CERRADO
LP 82	1 CONTROL Y PI
LP 84	1 CONTROL Y PI
LP 92	1 CONTROL Y PI
LP 117	1 CONTROL Y PI
LP 137	CERRADO
LP 146	1 CONTROL Y PI
LP 243	TRAZADOR Y PI
LP 244	1 CONTROL Y PI
LP 416	CERRADO
LP 418	1 CONTROL Y PI
LP 419	1 CONTROL Y PI
LP 424	TRAZADOR Y PI
LP 527	CERRADO
LP 549	1 CONTROL Y PI

PLANTA LM 10	
LM 216	1 TRAZADOR Y PI
LM 404	1 CONTROL Y PI
LM 408	1 CONTROL Y PI
LM 410	1 CONTROL Y PI
LM 415	1 CONTROL Y PI
LM 512	CERRADO
LM 513	1 CONTROL Y PI
LP 240	CERRADO
LP 403	CERRADO
LP 414	1 CONTROL Y PI
LP 415	1 CONTROL Y PI
LP 874	1 CONTROL Y PI
LP 969	1 CONTROL Y PI
LP 970	1 CONTROL Y PI
LP 976	CERRADO
LP 1281	1 CONTROL Y PI
LP 1310	1 CONTROL Y PI
LP 1314	1 TRAZADOR Y PI
LP 1333	1 CONTROL Y PI
LP 1362	1 TRAZADOR Y PI
LP 1386	1 CONTROL Y PI
LP 1398	1 CONTROL Y PI
LP 1400	1 CONTROL Y PI
LP 1401	1 CONTROL Y PI
LP 1404	1 CONTROL Y PI
LP 1410	1 CONTROL Y PI
LP 1442	1 CONTROL Y PI
LP 1510	1 CONTROL Y PI

VLP/IPR MATCHING (LP 82.Out)

Tasks: Estimate U Value, Correlation Comparison, Match VLP, VLP / IPR

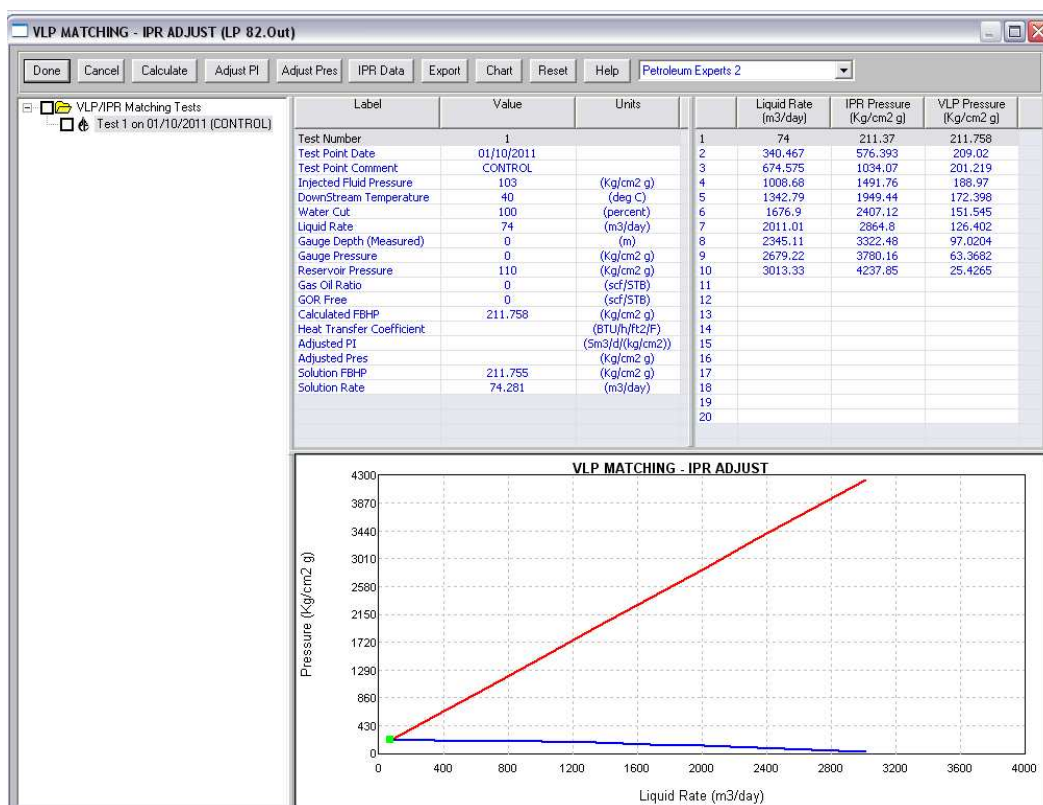
Rate Type: Liquid Rates

Adjust IPR: Adjust IPR

Match Data:

	Test Point Date	Test Point Comment	Injected Fluid Pressure (Kg/cm ² g)	DownStream Temperature (deg C)	Water Cut (percent)	Liquid Rate (m3/day)	Gauge Depth (Measured) (m)	Gauge Pressure (Kg/cm ² g)	Reservoir Pressure (Kg/cm ² g)	Gas Oil Ratio (scf/STB)	GOR Free (scf/STB)
1	01/10/2011	CONTROL	103	40	100	74	0	0	110	0	0
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Enable Disable Copy Cut Paste Insert Delete All Invert



Una vez generados todos los archivos de Prosper con instalación y curva de inyectividad por cada pozo, se linkeron al modelo de GAP y en este último se generaron las VLP definiendo un rango de datos óptimo a cada uno:

LM 31	Liquid Rate	Manifold Pressure	Fw/H Temperature				
LM 56	Sm3/day	Kg/cm2 g	deg C				
LP 11	1	5	20	8			
LP 117	2	16.842105	37.777777	14.888889			
LP 133	3	28.684209	55.555556	21.777778			
LP 146	4	40.526313	73.333333	28.666667			
LP 147	5	52.368417	91.111109	35.555556			
LP 149	6	64.210525	108.88889	42.444445			
LP 157	7	76.052629	126.66667	49.333334			
LP 159	8	87.894737	144.44445	56.222223			
LP 164	9	99.736836	162.22222	63.111108			
LP 165	10	111.57894	180	70.000001			
LP 173	11	123.42104					
LP 178	12	135.26315					
LP 182	13	147.10526					
LP 193	14	158.94736					
LP 194	15	170.78947					
LP 206	16	182.63158					
LP 21	17	194.47368					
LP 212	18	206.31577					
LP 219	19	218.15788					
LP 220	20	229.99999					
LP 2247							
LP 2249							
LP 225							
LP 2250							
LP 243							
LP 244							
LP 250							
LP 418							
LP 419							
LP 423							
LP 424							
LP 426							
LP 49							
LP 51							
LP 52							

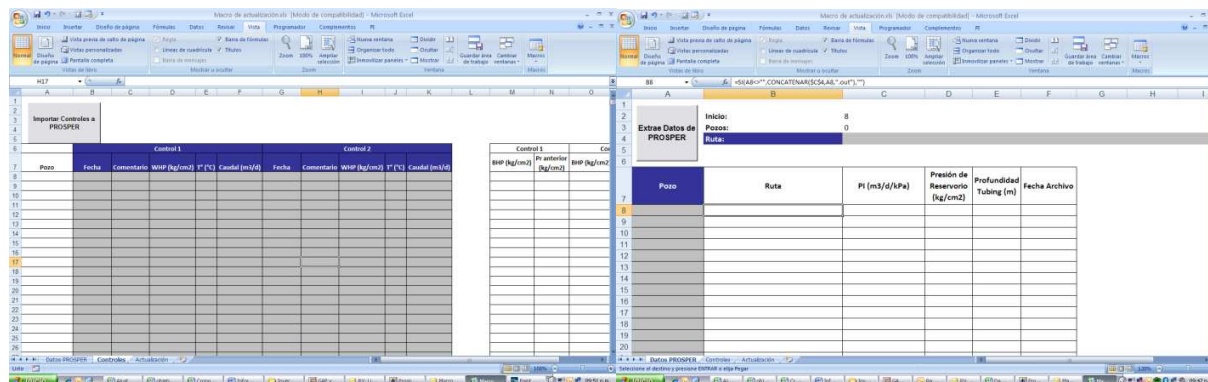
Con el modelo en GAP completo se procedió a correr la simulación y se obtuvieron los datos de presión en cabeza de cada pozo, los cuales se compararon uno a uno con los datos obtenidos por telemetría. En los que

se observaba cierta dispersión se procedió a revisar los datos con los cuales se construyó la IPR. De esta manera se obtiene un modelo que responda a la realidad de la manera más fiel posible:

Pozos	Batería	Satélite	Bloque	Caudal Telemetría	Presión Telemetría
LM-101	LM02	LM2	LPC BIII	74	101
LM-103	LM02	LM2V	LPC BIII	0	86
LM-112	LM02	LM2V	LPC BIII	0	86
LM-159	LM02	LM2	LPC BIII	0	101
LM-192	LM02	LM2	LPC BIII	99	101
LM-194	LM02	LM2	LPC BIII	24	101
LM-31	LM02	LM2V	LPC BIII	50	86
LM-39	LM02	LM2V	LPC BIII	0	86
LM-64	LM02	LM2	LPC BIV	0	101
LM-95	LM02	LM2	LPC BIII	0	101
LM-99	LM02	LM2	LPC BIII	83	101

Confección de tabla automática de actualización

Atento el trabajo manual de carga de datos, que implica un alto costo horas hombre, se decidió mantener actualizado el modelo mediante carga automática, para lo cual se desarrolló una macro de Excel y se realizó una tabla que permite actualizar automáticamente los índices de inyección y presión de reservorio a partir de mediciones de caudal.



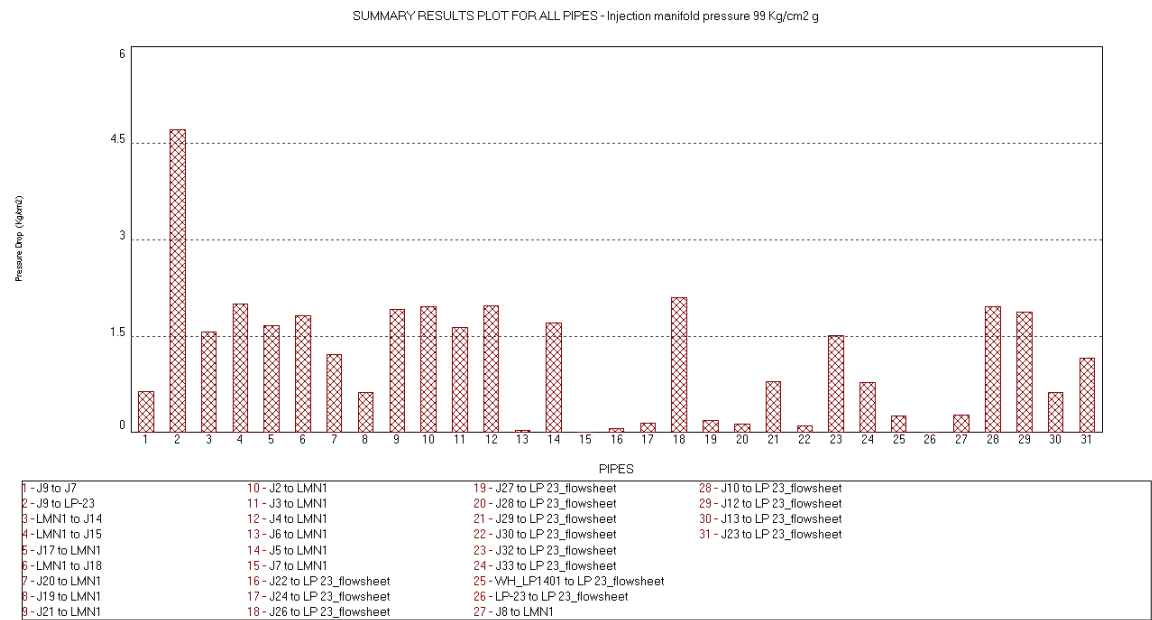
La metodología de la macro es la siguiente: se toma el ultimo índice y presión de reservorio cargadas y las compara con la calculada a partir de los últimos datos. Si este valor entra dentro de los límites de tolerancia valida la misma, caso contrario lo recalcula.

De esta manera se agiliza la carga de índices y presión y permite una validación rápida del modelo en el tiempo.

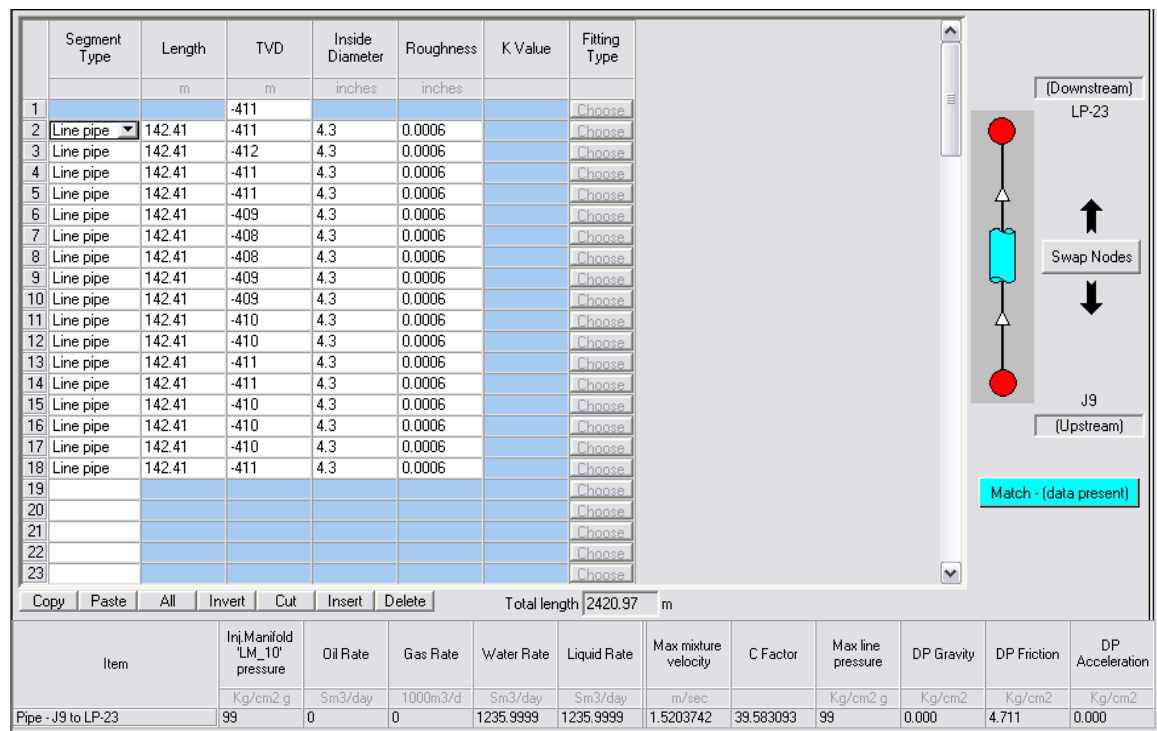
Conclusiones:

Caídas de presiones en líneas:

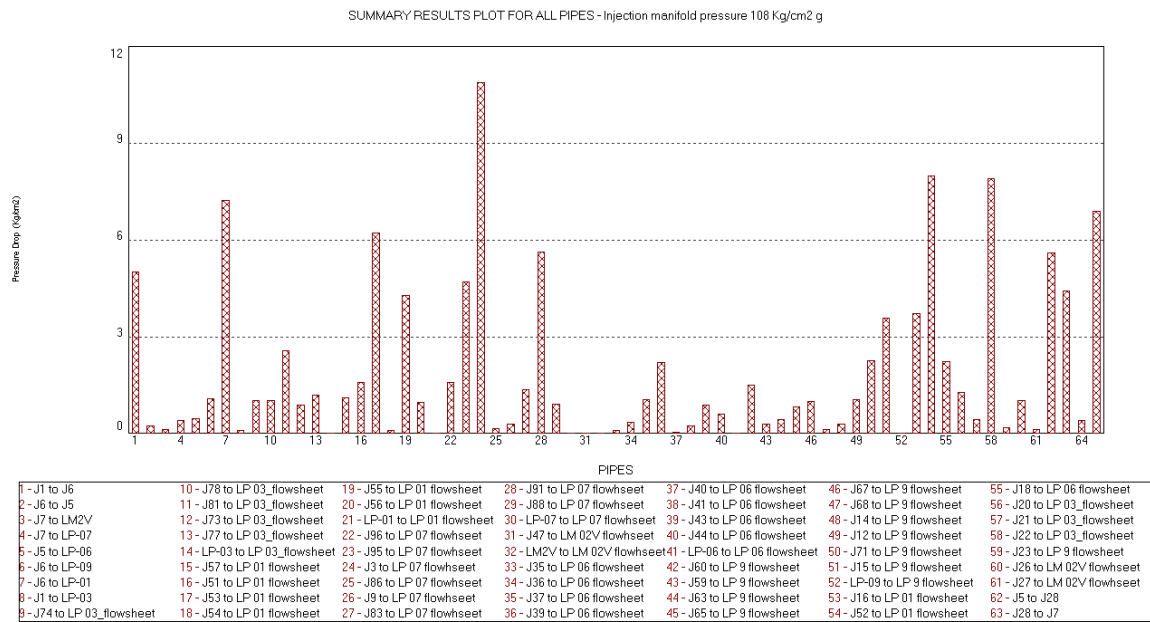
LM-10:



Respecto a las caídas de presión en LM-10 se observa que la línea con mayor pérdida de presión es el ramal que va desde la planta al satélite LP-23, el cual tiene 2500 mts verificándose una caída acorde a las características de la tubería:



LP-03:



En las caídas de presión en el modelo de la planta LP-03 se observa que la mayor se registra en la tubería “24” que va desde J3 (Pozo LP-453) hasta LP-07 (Satélite). Esta caída es de alrededor de 11 kg/cm² que es debida mayormente a la gran diferencia en la altimetría de la zona, que va desde los 417 mts en satélite hasta los 522 mts en el pozo:

Pipe - Input Screen							
Segment Type	Length	TVD	Inside Diameter	Roughness	K Value	Fitting Type	
	m	m	inches	inches			
1		-417				Choose	
2	Line pipe	150	-423	2	0.0006	Choose	
3	Line pipe	150	-429	2	0.0006	Choose	
4	Line pipe	150	-432	2	0.0006	Choose	
5	Line pipe	150	-440	2	0.0006	Choose	
6	Line pipe	150	-457	2	0.0006	Choose	
7	Line pipe	150	-466	2	0.0006	Choose	
8	Line pipe	150	-473	2	0.0006	Choose	
9	Line pipe	150	-482	2	0.0006	Choose	
10	Line pipe	150	-499	2	0.0006	Choose	
11	Line pipe	146	-522	2	0.0006	Choose	
12						Choose	
13						Choose	
14						Choose	
15						Choose	
16						Choose	
17						Choose	
18						Choose	
19						Choose	
20						Choose	
21						Choose	
22						Choose	
23						Choose	
					Total length	1496	m

(Downstream)
LP 07 flowsheet

Swap Nodes

J3

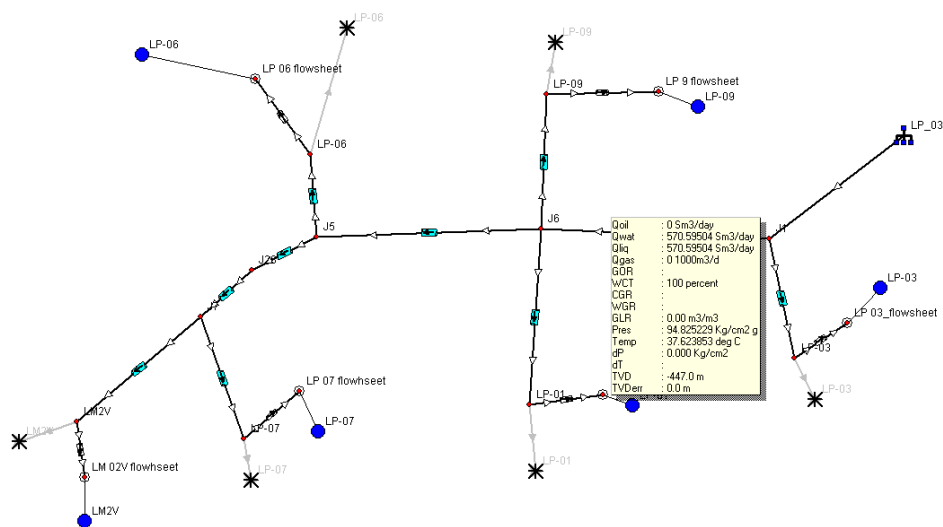
(Upstream)

Match - (no data)

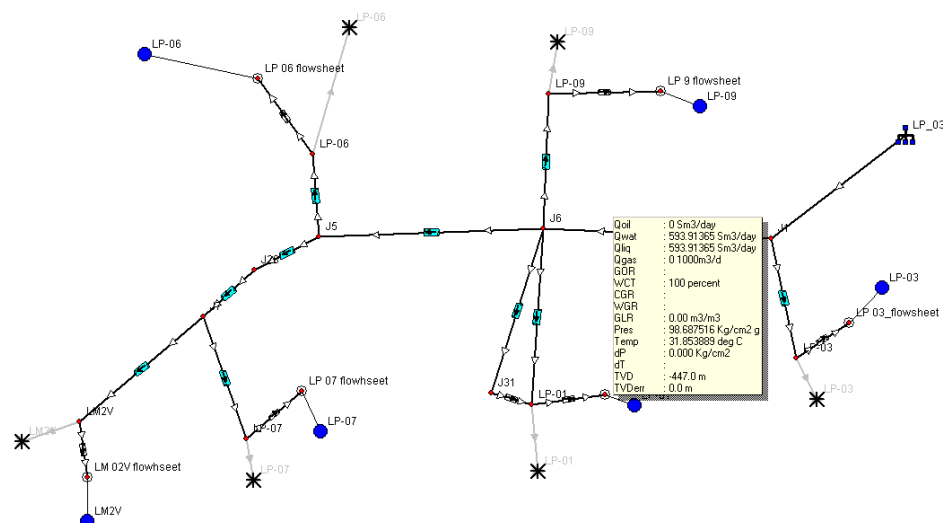
Las caídas de presión que siguen en importancia son las líneas “17”: ramal del pozo LP-51, “54”: ramal del pozo LP-70, “58”: ramal del pozo LP-417 y “65”: ramal del pozo LP-11; todas debido al mismo hecho, como se ve en la siguiente tabla que reporta la caída de presión por Fricción.

Item	Inj. Manifold "LP_03" pressure	Oil Rate	Gas Rate	Water Rate	Liquid Rate	Max mixture velocity	C Factor	Max line pressure	DP Gravity	DP Friction	DP Acceleration
	Kg/cm2 g	Sm3/day	1000m3/d	Sm3/day	Sm3/day	m/sec		Kg/cm2 g	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Pipe - J6 to LP-01	108	0	0	575.78686	575.78686	2.2158366	57.425804	102.95895	1.601	5.670	0.000
Pipe - J53 to LP 01 flowsheet	108	0	0	-51.771348	-51.771348	0.295651	7.6767918	95.965028	6.047	0.176	0.000
Pipe - J3 to LP 07 flowsheet	108	0	0	-43.603447	-43.603447	0.248216	6.4553636	92.206102	10.590	0.294	0.000
Pipe - J52 to LP 01 flowsheet	108	0	0	-134.2557	-134.2557	0.767243	19.914894	95.687902	6.640	1.357	0.000
Pipe - J22 to LP 03 flowsheet	108	0	0	-119.50745	-119.50745	0.685955	17.766037	107.90331	6.727	1.183	0.000
Pipe - J30 to LP 03 flowsheet	108	0	0	-36.496233	-36.496233	0.209057	5.4200221	107.90331	6.748	0.154	0.000

Con respecto al ramal del satélite LP-01 (línea "7"), se observa una caída de presión por fricción de 5.7 kg/cm2. El diámetro nominal de esta cañería es de 4" (Arc-Gis), en la simulación se introdujo el diámetro interno de un tubing de 2 7/8", dando de esta manera resultados satisfactorios en la simulación. Con estos datos podemos concluir que o se tiene mal relevado el diámetro interno de los acueductos, o que después de alguna reparación se utilizó tubing de 2 7/8" para reemplazar un tramo, no dejando registro de este cambio, o que por incrustaciones se redujo el diámetro hasta alguno cercano al utilizado.



Para solucionar este supuesto cuello de botella se coloca en paralelo a este caño otro del mismo diámetro y se corre nuevamente la simulación con la misma presión de inyección, dando los siguientes resultados:



Se observa que la presión llega a 98.7 kg/cm2, en vez de 94.8 kg/cm2 y el caudal llega hasta 593 m3/d desde 570.6 m3/d. Mediante este análisis podemos concluir que sería muy alto el costo por eliminar este cuello de botella, por lo tanto no se propone esta solución.

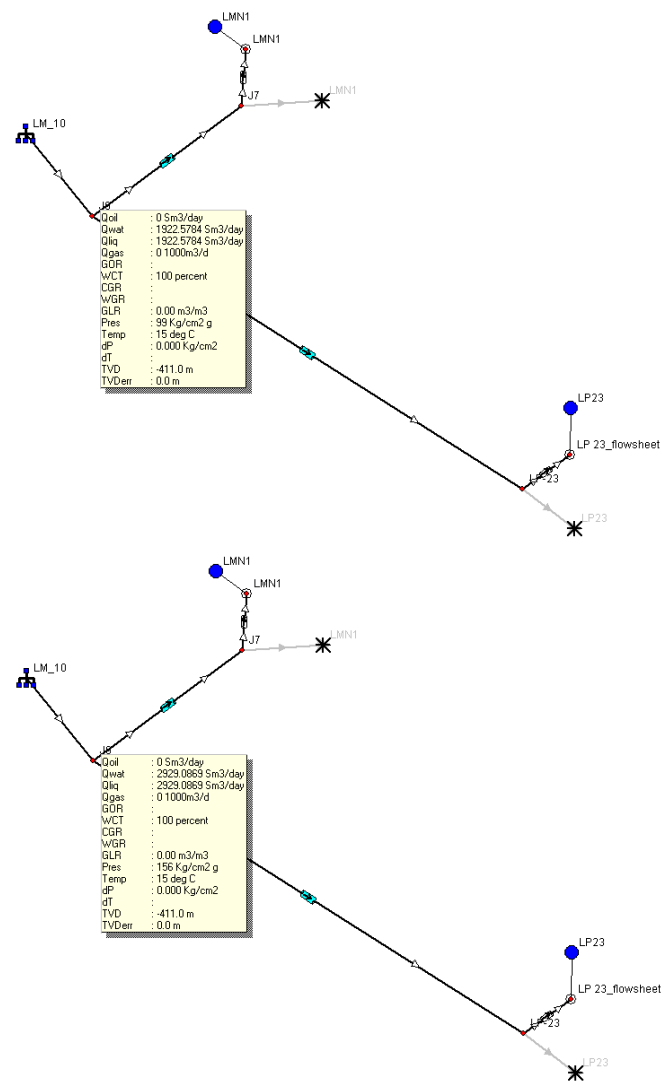
Máximo caudal de inyección:

Para estudiar este aspecto se procede correr los modelos introduciendo la máxima presión de inyección a la salida de la planta que soporten los caños.

La presión de colapso de los acueductos de la zona es de 2200 psi, 156 kg/cm².

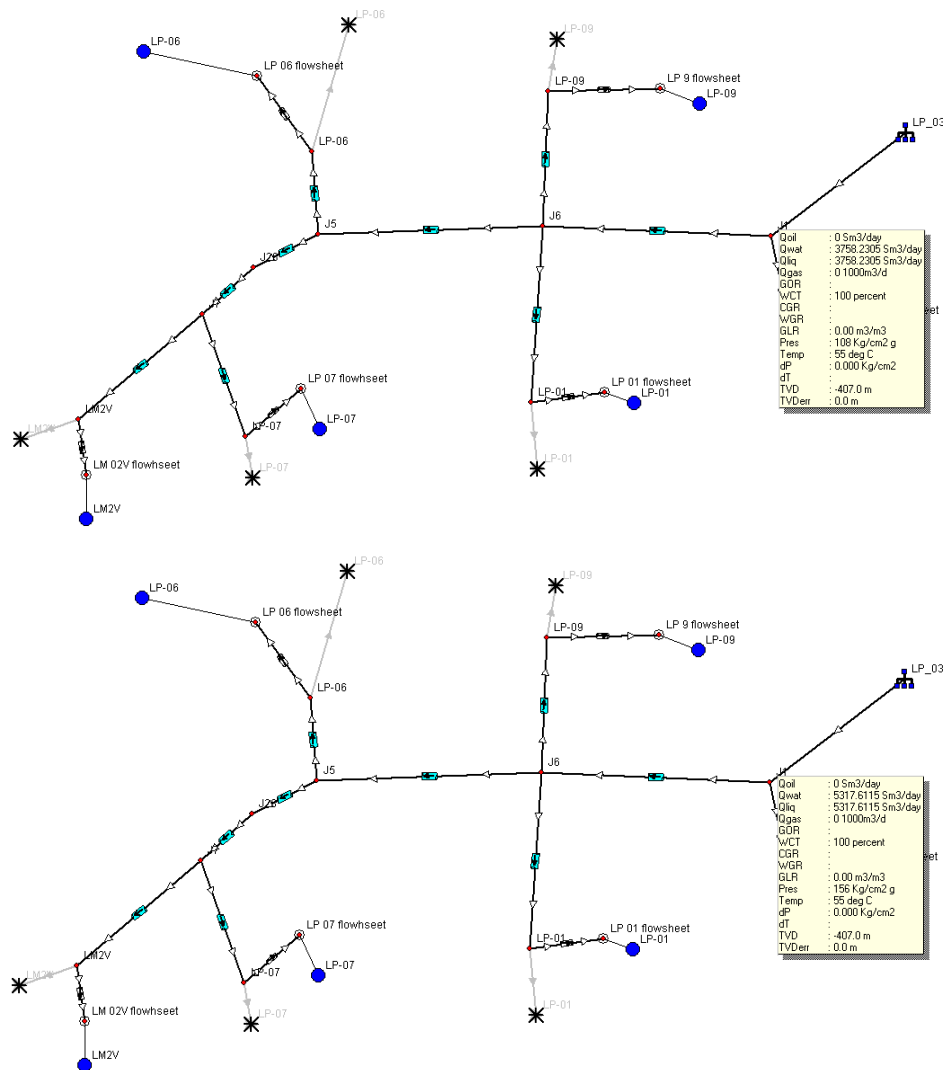
Los resultados obtenidos son los siguientes:

LM-10:



Se observa que el máximo caudal que se puede obtener en la red al día de hoy en LM-10, llevando la presión al colapso, es de 2929 m³/d.

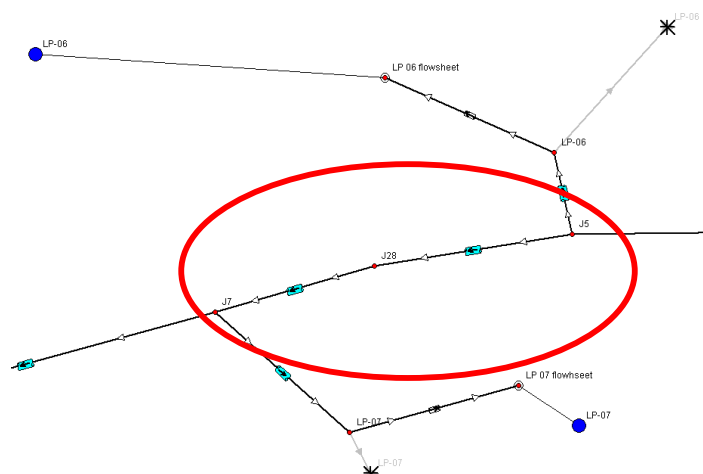
LP-03:



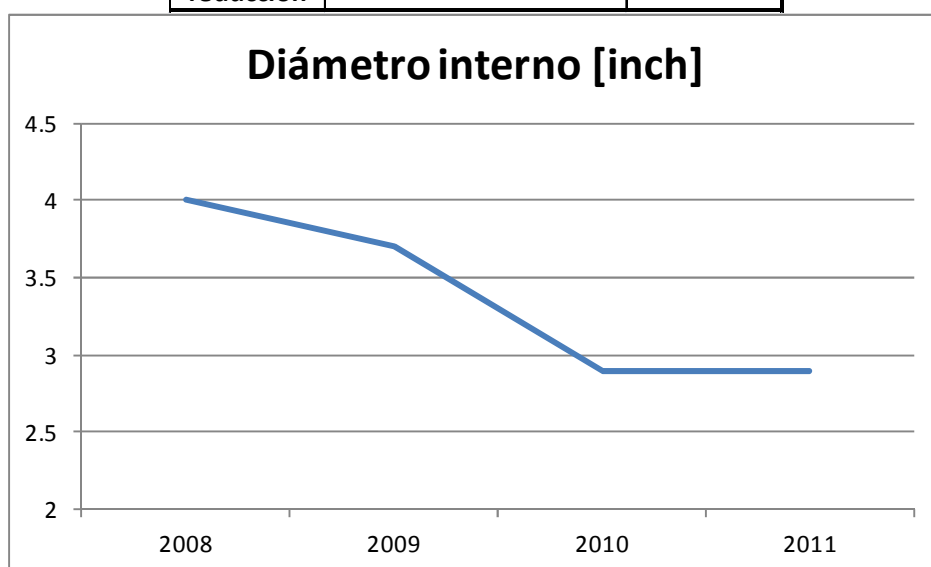
Se observa que el máximo caudal que se puede obtener en la red al día de hoy en LP-03, llevando la presión al colapso, es de 5317.6 m3/d.

Variación del diámetro interno con el tiempo:

Según este estudio se identificó la línea que va desde J5 a J7 en el modelo de LP-03 como crítica, ya que esta es la que tiene la mayor velocidad de reducción en su diámetro. Se corre la simulación ajustando el modelo a distintos datos históricos por año y se registran los diámetros equivalentes de este tramo. Se parte de un diámetro original de 6" (instalado en 1997) y se define un índice de reducción del diámetro de 0.275 inch/año.



Año	Diámetro interno [inch]	
2008	4	
2009	3.7	
2010	2.9	
2011	2.9	
Índice de reducción	0.275	[inch/año]



Consideraciones finales:

Ambos modelos (LP-03 y LM-10) no presentar caídas de presión por fricción considerables, las mayores registradas son por gravedad debido a la geografía de la zona.

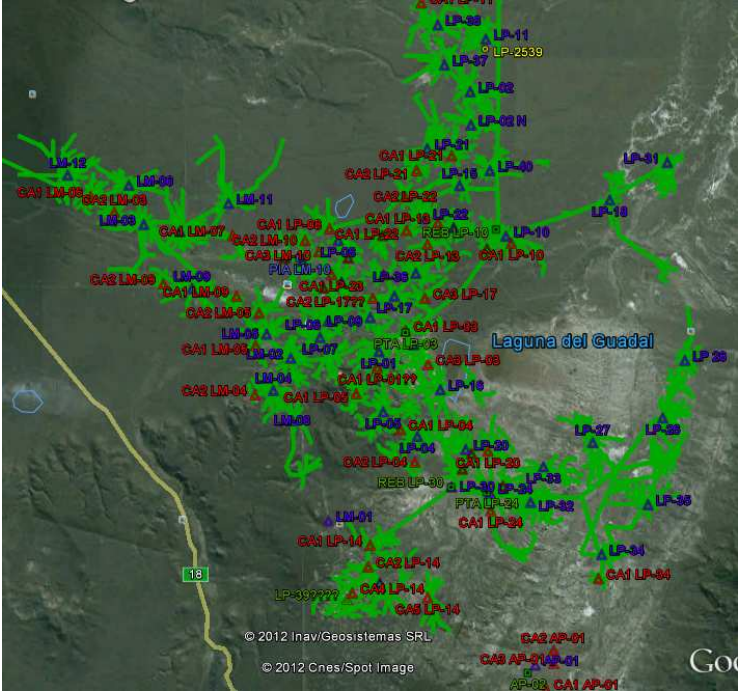
La reducción de los diámetros internos de la tubería por incrustaciones no es tan severa, sólo 0.275 inch/año.

Las redes son aptas para subir considerablemente la presión de inyección con el aumento asociado del caudal de agua inyectado (alrededor del 40% de incremento).

RED DE PRODUCCIÓN

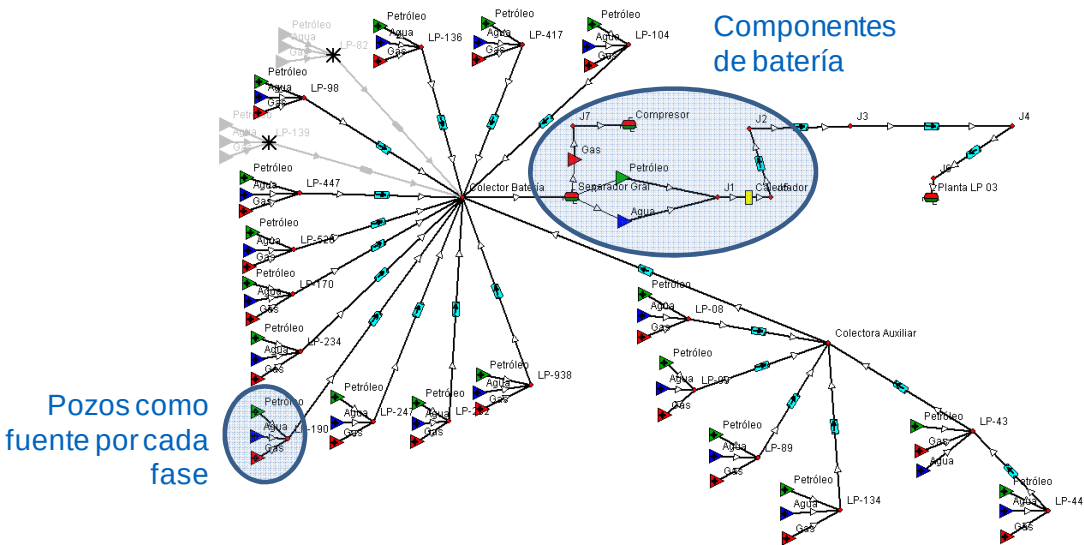
Introducción:

La red está compuesta por 40 baterías, 3 plantas de tratamiento y corte de petróleo y 1596 pozos productores.

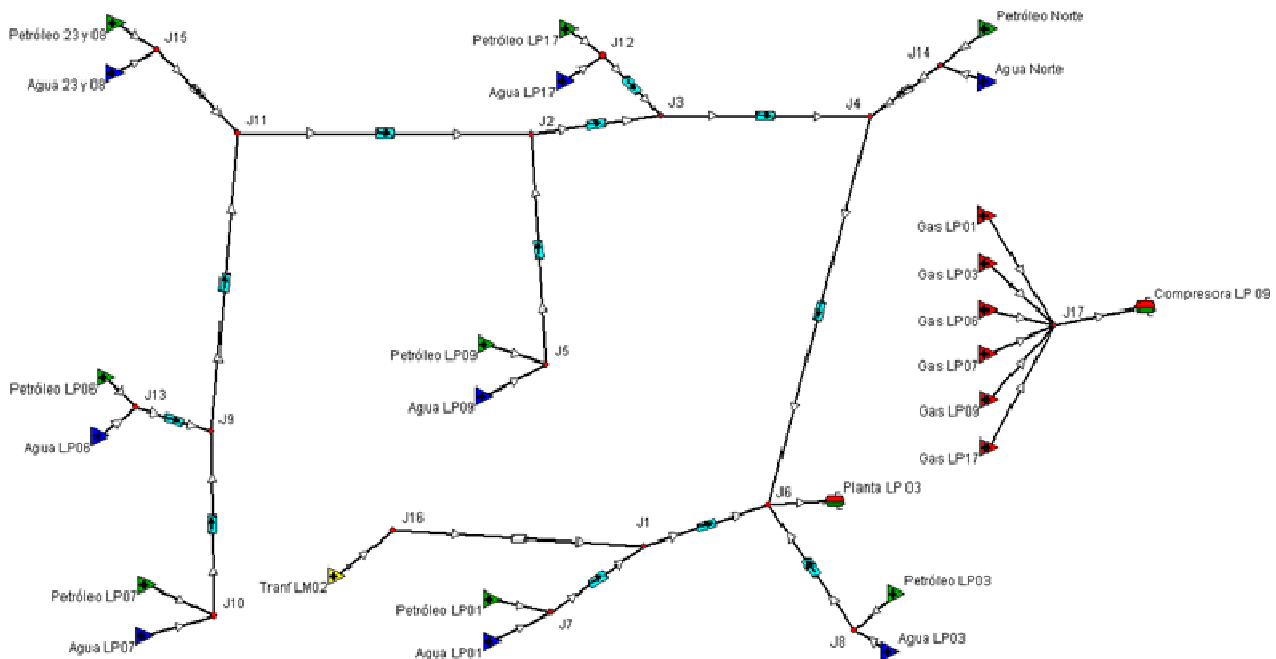


Desarrollo:

Como primer paso se definió como estaría compuesta una batería de producción en el modelo, y se decidió cargar todos los pozos como fuentes para calibrar las líneas de los mismos y los oleoductos de salida de baterías.



Paralelamente se construyeron los ramales que llegan a las plantas y se modeló como fuentes los aportes de fluidos de cada una de las baterías, para así poder calibrar los diámetros para que el modelo comience a responder con las presiones de campo.



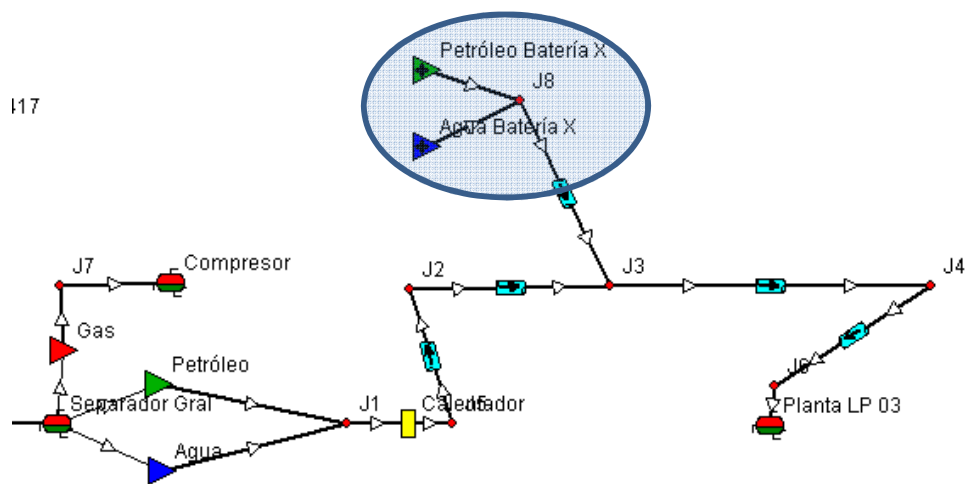
Hasta el momento en la construcción y calibrado de la red de Producción, y luego de la primer corrida, se determinó que en las líneas que salen de los pozos no es necesario su calibración, responden a la realidad simplemente cargando los diámetro nominales de cada una. Esto se debe a los frecuentes preventivos que se hace en las mismas con equipos de Hot Oil o Calderas.

Las dispersiones las encontramos en los oleoductos de salida de batería, donde no son tan frecuentes los preventivos y se tiene el aporte de otras baterías intermitentemente. Lo que obliga a tenerlo en cuenta y modificar el modelo para que responda a la realidad.

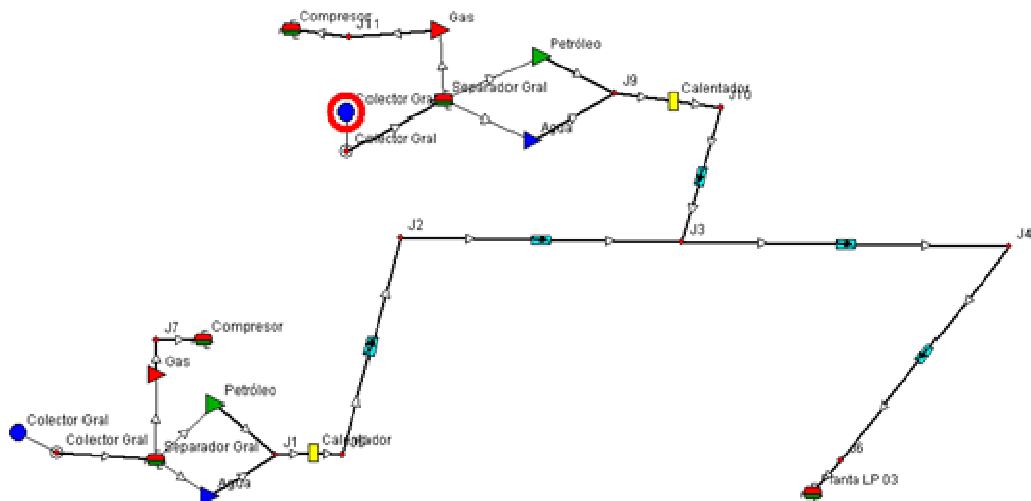
Pasos a seguir:

Como siguientes paso está programado comenzar a integrar las baterías completas, con sus respectivos pozos en FlowSheet a los oleoductos troncales que lleguen a las plantas. Estos nos permitirá realizar predicciones completas de la red en función de los cambio previstos en el yacimiento.

Como primera medida se colocan los aportes de cada batería como fuentes:



Y luego se pasa al modelo integral de la batería aportando en el oleoducto:



Conclusiones:

- Una vez modeladas todas la baterías y calibrados los oleoductos de salida, es necesario incluir al modelo los pozos utilizando PROSPER.
- Se debe definir el método que mejor responda a la realidad con respecto al aporte de otras baterías en los oleoductos. Se debe incluir el timing de aporte de cada una y ver cómo se comporta la red completa.
- Incorporar los pozos nuevos según los planes de desarrollo a los modelos para ver el comportamiento de las instalaciones.
- Incluir en el modelo el Software MBAL para poder interpretar el comportamiento del reservorio.

Aplicación práctica: Booster LP-26

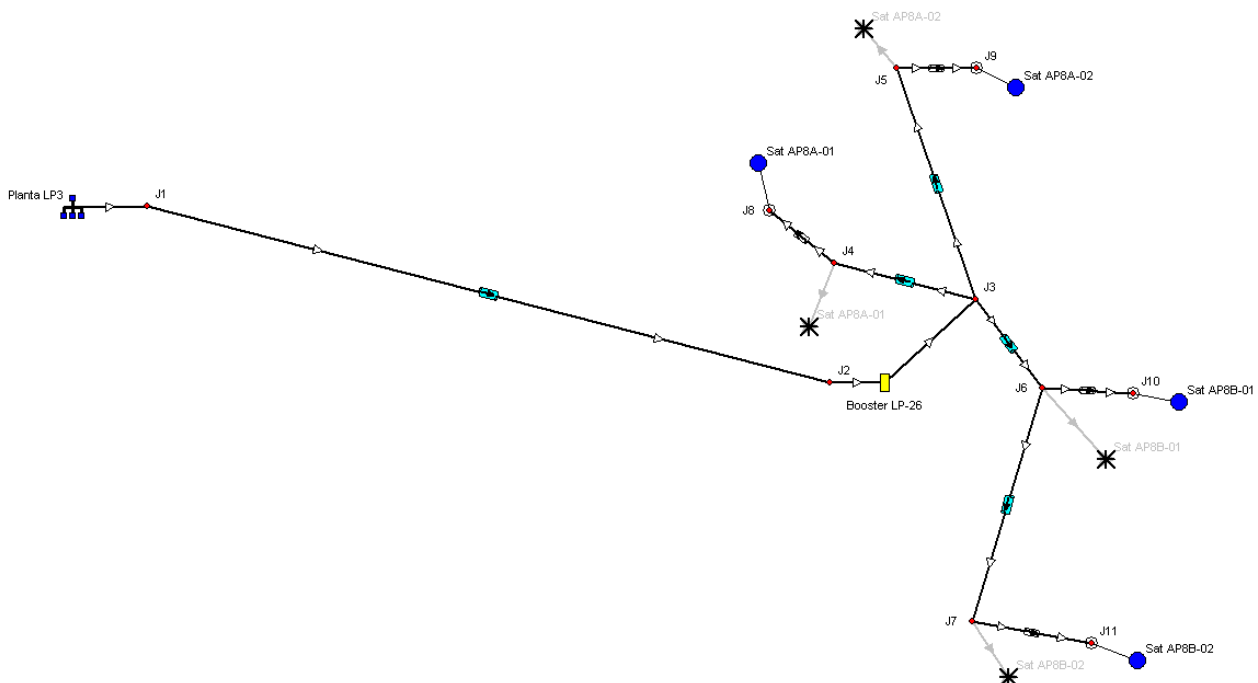
Con el objetivo de incrementar la inyección de una de las zonas de producción de Los Perales, tanto en caudal como en presión de salida del sistema booster, para así llegar con más presión a los cuatro satélites instalados para el desarrollo de la recuperación secundaria del proyecto AP8, se montará una 3° bomba de impulsión en el actual parque.

Con esta modificación se incrementará el caudal inyectado en el reservorio en más de 700 m³/d aproximadamente y se elevará la presión de salida del sistema de 65 a 95 kg/cm²,

Principales ventajas del proyecto:

- Se incrementará la producción de petróleo en casi 9 m³/d.
- Se producirá la admisión de aproximadamente 8 pozos inyectoros, actualmente sin admisión por una deficiente presión en cabeza.
- Con el montaje de un Tk pulmón en el sistema, la presión de entrada a las bombas Booster sería de aprox. 1 kg/cm², ya que la presión de entrada al tanque estaría regulada por una válvula de caudal y la de descarga estaría regulada por el mismo nivel del fluido de inyección para asegurar el requerimiento de alimentación del sistema. De este modo se logran aliviar las líneas en general y el sistema en su conjunto.
- Además se mitigaría el principal problema de parada de las bombas Booster, ya que la alimentación resultaría de manera constante y segura.

Esquema de la instalación:



Condiciones antes de ejecutar el proyecto:

Sistema Original: proyecto integral AP8

Condiciones actuales del sistema

SISTEMA ORIGINAL	
Satélite	Inyección [m3/d]
AP8A-01	497.80
AP8A-02	431.30
AP8B-01	268.60
AP8B-02	35.20
Total Inyectado	1232.90

Bomba Booster	
Pe Booster	16.86 kg/cm2
Ps Booster	56.21 kg/cm2

Condiciones después de ejecutar el proyecto:

Escenario 2: Agregando Tk pulmón

AGREGANDO TK + LINEA PARALELA	
Satélite	Inyección [m3/d]
AP8A-01	775.60
AP8A-02	640.30
AP8B-01	434.60
AP8B-02	56.80
Total Inyectado	1907.30

Bomba Booster	
Pe Booster	1 kg/cm2
Ps Booster	94.40 kg/cm2