

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS

Hugo O. Bitesnik*

Trabajo auspiciado por TOTAL AUSTRAL S.A.

74 0006 27208

RESUMEN

Una técnica simultánea de extracción de gas y líquido es aplicada en una formación medanosa con alta a media permeabilidad, ubicada en una zona deprimida, próxima al Bajo de Añelo, provincia del Neuquén.

Se aplicó la tecnología *bioslurping*, una combinación de *bioventing* y vacío mejorado para la recuperación de la fase líquida no acuosa y la volátil. El propósito de la aplicación de la técnica fue múltiple: (1) sanear el sitio contaminado con hidrocarburos libres y volátiles; (2) experimentar una técnica distinta a las usadas tradicionalmente; (3) optimizar la relación de recuperación de hidrocarburos libres y volátiles versus agua.

En esta etapa, que podríamos denominar experimental, se propuso la construcción de 10 pozos de recuperación ubicados en el sitio de máxima contaminación, tanto de producto libre como de la franja capilar. Normalmente, las variaciones del nivel de agua son despreciables y el diseño del sistema de tratamiento no tiene en cuenta esas variaciones. Una vez montado el sistema se ajustó la presión de vacío y se evaluaron los primeros resultados. Finalmente, se exponen los logros después de poco más de un año de funcionamiento del sistema.

* Consultor Ambiental, especializado en Hidrogeología

INTRODUCCIÓN

La tecnología *bioslurping*, una combinación de *bioventing* y vacío mejorado para la recuperación de la fase líquida no acuosa, ha sido empleada en Fallon Naval Air Station (NAS), Nevada, por más de 2 años y fue iniciada por la Marine Corps Base Hawaii, y en una estación de radar cercana a Hofn, Islandia. Estos sitios tienen hidrocarburos de baja volatilidad sobre la capa freática, en un suelo de baja a media permeabilidad. Los caudales de recuperación de la fase líquida no acuosa, mediante 48 pozos perforados en arenas finas limosas y arcillosas en Fallon, tienen rangos de 57 a 227 l/día, con una media de 170 l/día, a un vacío de entre 10 y 30 cm. de mercurio (0.13 a 0.40 atmósfera) [3].

LA ZONA CONTAMINADA

La disposición, durante cinco años, de agua de producción más condensado acumularon aproximadamente 1325 m³ de hidrocarburos sobrenadantes (producto libre), dentro de una formación medanosa, con una superficie freática ubicada a profundidades variables entre 1 y 4 metros de profundidad [1].

La disposición se produjo en un *bajo*, perteneciente a una zona árida, cuyo nivel de base es el Bajo de Añelo.

Las investigaciones efectuadas mediante la construcción de 50 pozos freatimétricos, indican la presencia de una pluma de producto libre de aproximadamente 12,8 Has, que no ha llegado a impactar zonas sensibles (captaciones, cursos de agua dulce, etc.) [1].

El producto flotante se verificó en 17 pozos freatimétricos y los análisis de laboratorio mostraron que también estos sondeos presentaban contaminación por hidrocarburos en solución, con valores <1 mg/l hasta > 800 mg/l [1].

El espesor aparente de producto flotante en los sondeos varía desde <1 cm hasta > 90 cm. El espesor del producto varía de pozo a pozo a lo largo de la pluma. Sin embargo, una parte de esta variación puede ser explicada por la ubicación relativa del pozo respecto de la pileta de infiltración. También, esta variación obedece a la anisotropía y heterogeneidad transversal que presentan los sedimentos (variaciones laterales de la permeabilidad) [1].

PRINCIPIOS OPERATIVOS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN

El sistema *bioslurping* sintéticamente consta de tres grandes conjuntos: pozos de bombeo o recuperación; componentes separadores de vapor/líquido y hidrocarburo/agua y biofiltro para el tratamiento del agua y el vapor [2].

El sistema *bioslurping* opera bajo el principio que cada pozo es bombeado por medio de una cañería de longitud ajustable, sellada contra la parte superior de la camisa (casing) mediante un pistón (packer) con sello O-ring (Figura N° 1) [3]. El líquido y vapor removido desde los pozos de recuperación son separados en un separador aire/líquido. El vapor pasa a través de un filtro biológico, antes de la descarga en la atmósfera. El líquido es posteriormente tratado para separar producto del agua y el agua es reusada para enfriar y lubricar la bomba de recuperación. El excedente de agua pasa a través del filtro biológico, antes de la descarga a la alcantarilla.

Este equipamiento responde a una unidad de recuperación utilizada en sitios más o menos limitados, como pueden ser: estaciones de servicio, aeroplantas, refinerías, etc. En el caso que nos ocupa, las condiciones ambientales son muy distintas: espacio abierto y de gran superficie, descarga de agua sin tratamiento previo y no hay necesidad de reusar el agua recuperada. Consecuentemente, para el funcionamiento, solo se requiere el uso de un separador aire/líquido para el tratamiento de la emulsión.

En esta etapa, que podríamos denominar experimental, se propuso la construcción de 10 pozos de recuperación ubicados en el sitio de máxima contaminación, tanto de producto libre como de la franja capilar, de acuerdo con la distribución del croquis adjunto.

POZOS DE RECUPERACIÓN

Los pozos de recuperación se perforaron en 100 mm de diámetro; entubados con hierro galvanizado de 50 mm de diámetro y se colocó filtros del mismo material y ranura continua, enfrentados en todo el espesor saturado y hasta 100 cm por encima de éste (zona de aireación), de acuerdo con el diseño de la Figura N° 1.

La distribución se efectuó en dos líneas de pozos, separadas entre sí 20 metros, de acuerdo como se muestra en el croquis adjunto.

El espaciamiento entre pozos de recuperación, determinado en base a cálculos hidráulicos, se ajustó a 10 metros.

Para compensar el descenso del nivel estático de la capa freática por efectos de la succión, se utilizaron tres pozos existentes (de ensayo), como inyectores. Estos tres pozos quedaron en una posición intermedia respecto de los pozos de recuperación.

El caudal de inyección entre los tres pozos se ajustó a la extracción (de 1 a 10 m³/día), lo suficientemente bajo como para que la recarga se produzca por gravedad.

Esta distribución en dos líneas de 5 pozos cada una, con una batería de inyección intermedia, aseguraría la remediación de una superficie aproximada de 50 x 50 metros.

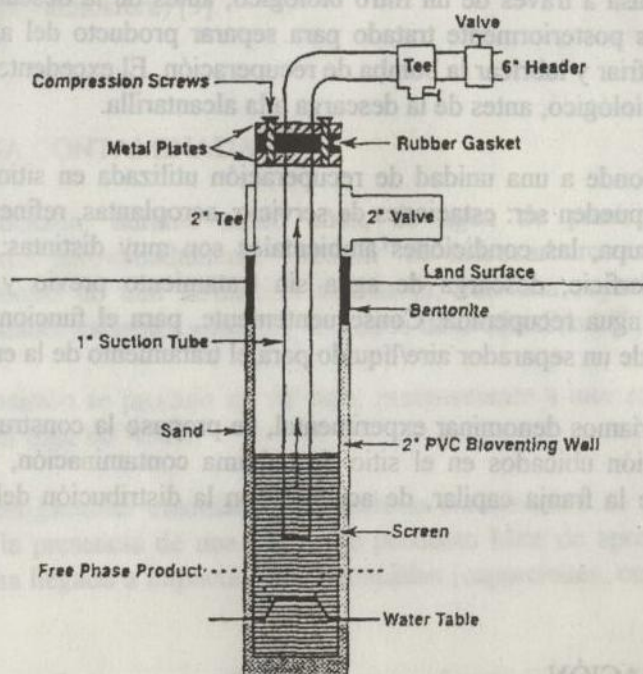


Figura N° 1. Pozo de recuperación y armadura del cabezal a nivel del terreno

Una vez montado el sistema se ajustó la presión de vacío y se están evaluando los primeros resultados.

RESULTADOS DEL BOMBEO POR SUCCIÓN

Los resultados del bombeo por succión, en periodos de 12 a 24 horas diarias y con algunas interrupciones que en algunos casos significaron hasta 5 días de inactividad,

muestran que desde el 9 de marzo de 1997 hasta el 31 de mayo de 1998 (15 meses de funcionamiento con 80 % de bombeo efectivo), se extrajeron 1.989,715 m³ de agua y 605,184 m³ de hidrocarburo (Tabla N° 1 y Gráfico N°1).

Tabla N° 1. Volúmenes de hidrocarburo y agua recuperados

Fecha	Volumen de Agua (m ³)	Volumen de HC (m ³)	Agua acumulada (m ³)	HC acumulado (m ³)	Relación HC/H ₂ O %
30/03/97	27,985	5,443	27,985	5,443	19,4
25/04/97	29,522	4,627	57,507	10,070	17,5
30/05/97	67,132	16,114	124,639	26,184	21,0
30/06/97	52,572	21,027	177,211	47,211	26,6
30/07/97	37,584	34,903	214,795	82,114	38,2
31/08/97	54,000	39,100	268,795	121,214	45,0
30/09/97	36,080	38,120	304,875	159,334	52,2
31/10/97	88,110	59,080	392,985	218,474	55,6
27/11/97	221,500	99,400	614,485	317,874	51,7
23/12/97	305,190	122,560	919,675	440,434	47,9
31/01/98	308,520	95,090	1228,195	535,524	43,6
28/02/98	150,340	12,980	1378,535	548,504	39,8
31/03/98	190,410	15,650	1568,945	564,154	35,9
30/04/98	188,210	17,790	1757,155	581,944	33,1
31/05/98	232,560	23,240	1989,715	605,184	30,4

Asimismo, pudo comprobarse que la recuperación y eliminación, por venteo, de hidrocarburos volátiles, ha sido constante y significa un volumen importante respecto del hidrocarburo líquido, que de acuerdo con la bibliografía es del orden del 3 al 4 %, con lo cual el hidrocarburo total recuperado rondaría los 626.365 litros.

Las mediciones efectuadas en el sistema de pozos de bombeo confirman que se viene produciendo una drástica disminución del espesor de hidrocarburo sobrenadante y, consecuentemente, los tubos de aspiración quedan totalmente sumergidos en el agua.

Esta situación produce un desequilibrio en la relación hidrocarburo versus agua y una disminución en la recuperación del sobrenadante, lo cual implica una corrección en la longitud de los tubos de succión para adaptarlos a la nueva situación.

La Tabla N° 2 muestra las 3 mediciones de hidrocarburo sobrenadante en los pozos de bombeo: la primera, en ocasión de efectuarse la caracterización hidrogeológica del sitio; la segunda, 6 meses más tarde y después de 90 días de bombeo por succión y la tercera, después de 330 días de bombeo por succión.

Tabla N° 2. Espesor del petróleo sobrenadante en los pozos de bombeo *

POZO N°	ESPESOR (1) 13/12/96	ESPESOR (2) 11/06/97	ESPESOR (3) 05/02/98	REDUCCIÓN (1-3)
1	0,43	0,02	0,10	- 0,33
2	0,89	0,09	0,23	- 0,66
3	1,47	0,18	0,29	- 1,18
4	0,28	-	0,09	- 0,19
5	0,50	-	0,11	- 0,39
6	1,79	1,40	0,64	- 1,15
7	0,25	-	0,20	- 0,05
8	0,26	-	0,23	- 0,03
9	0,55	0,33	0,24	- 0,31
10	0,20	0,10	0,08	- 0,12

* Valores expresados en metros.

El espesor del hidrocarburo sobrenadante en pozos de la red freaticométrica se ha medido en cuatro oportunidades, distribuidas en el lapso de tiempo que va desde la caracterización hidrogeológica hasta después de 330 días de bombeo (Tabla N° 3).

Tabla N° 3. Espesor del petróleo sobrenadante en los freaticómetros

POZO N°	ESPESOR 25/06/96	ESPESOR 11/06/97	ESPESOR 11/09/97	ESPESOR 20/02/98
1	0,29	0,30	0,33	0,35
3	0,30	0,35	0,44	0,39
4	0,25	0,10	0,07	0,07
5	0,10	0,19	0,145	0,11
10	0	0,10	0,10	0,10
22	0,60	0,79	0,74	0,28
23	0,45	0,59	0,54	0,47
24	0,28	0,14	0,115	0,14
25	0,55	0,60	0,525	0,39
26	-	0,21	0,31	0,04**
28	0,08	0,06	0,12	0,07
30	0,12	0,06	0,045	0,04
34	0,50	0,50	¿	¿
38	0,14	0,08	0,10	0,12
45	0,16	0,07	0,04	0,04
49	0,44	-	0,27	-
51	0,02	0,01	0,01	0,00

* Valores expresados en metros. ** Cubierto por agua

Las tres últimas mediciones (junio, setiembre y febrero), se graficaron en dos y tres dimensiones, utilizándose en todos los casos la misma escala horizontal y vertical y puede observarse claramente la disminución del espesor del hidrocarburo sobrenadante, del orden de 40 cm (Figuras N° 2, 3 y 4).

COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE RECUPERACIÓN

A modo informativo se presenta un resumen comparativo de resultados de varios lugares donde se ha aplicado la técnica de *bioslurper* [4]. El volumen del hidrocarburo recuperado es en litros por día, para cada tecnología testada. Puede observarse que en todos los casos donde se han podido comparar distintos métodos, la técnica del *bioslurper* supera ampliamente otras opciones. En Loma Las Yeguas se ha recuperado un mínimo de 185 l/día, un máximo de 5.329 l/día y una media de 1.740 l/día, lo cual representa un incremento del 700 % respecto del mejor resultado (Andrews, Tabla N° 4).

Tabla N° 4. Hidrocarburo recuperado mediante distintas tecnologías (litros por día)

LUGAR	SKIMMER	BOMBEO	BIOSLURPING
Fallon			170
Andrews	29,5	No aplicable	299
Bolling	64	117	227
Kaneohe	0,2	0	9
Wright Patterson	15	9,5	17
Loma Las Yeguas			1740

CONCLUSIONES

Después de 15 meses de funcionamiento del sistema, con 80 % de bombeo efectivo, se recuperaron 626.365 litros de hidrocarburo. Este volumen representa el 47 % del hidrocarburo sobrenadante móvil, recuperable por bombeo.

En esta experiencia se ha recuperado un mínimo de 185 l/día, un máximo de 5.329 l/día y una media de 1.740 l/día de hidrocarburos libres.

La relación hidrocarburo versus agua recuperada, variable entre 17,5 % y 52,2 %, muestra que el sistema es altamente eficiente.

El volumen de hidrocarburo recuperado mensualmente muestra que, para zonas altamente contaminadas, el sistema puede autofinanciarse.

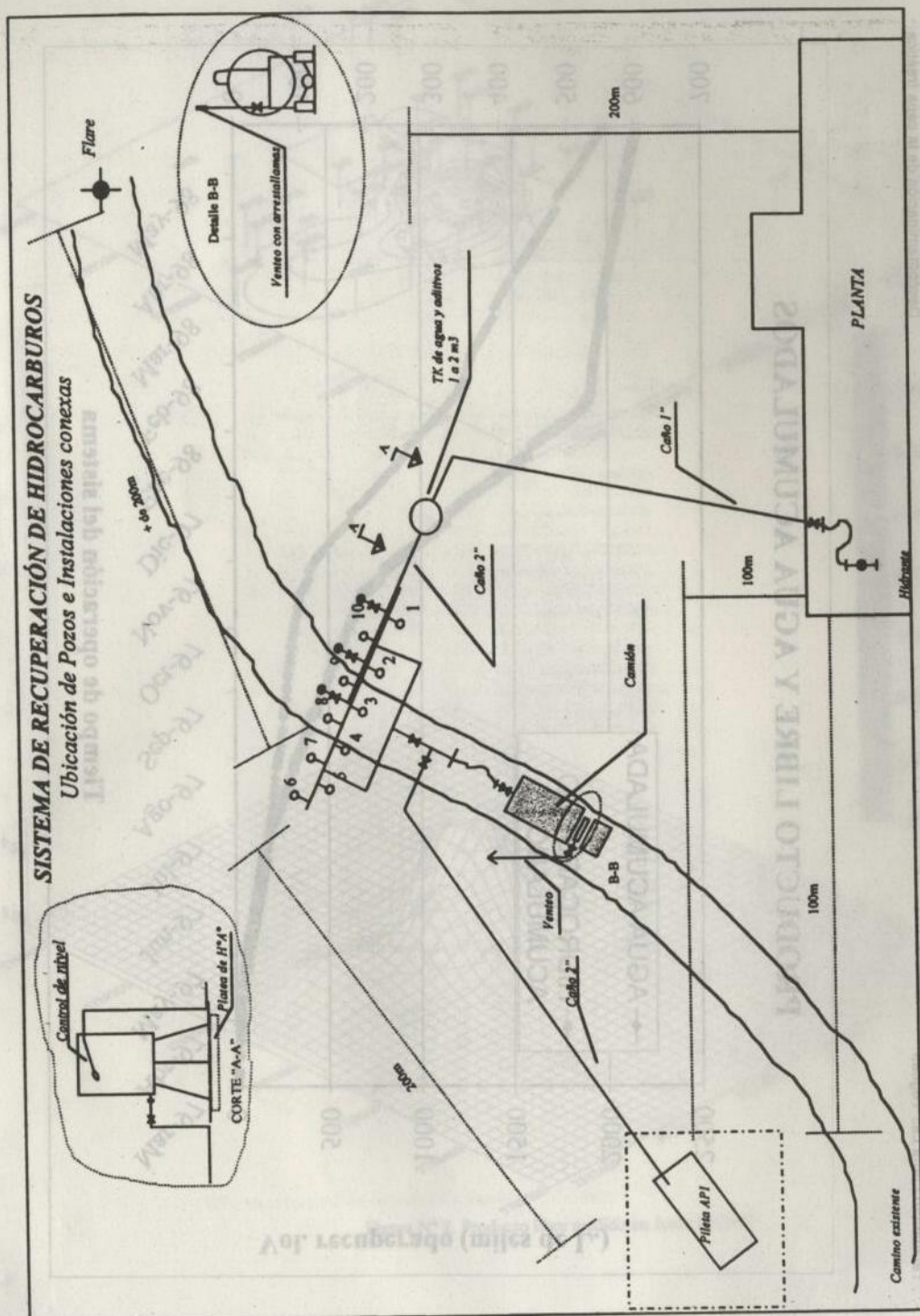
BIBLIOGRAFÍA

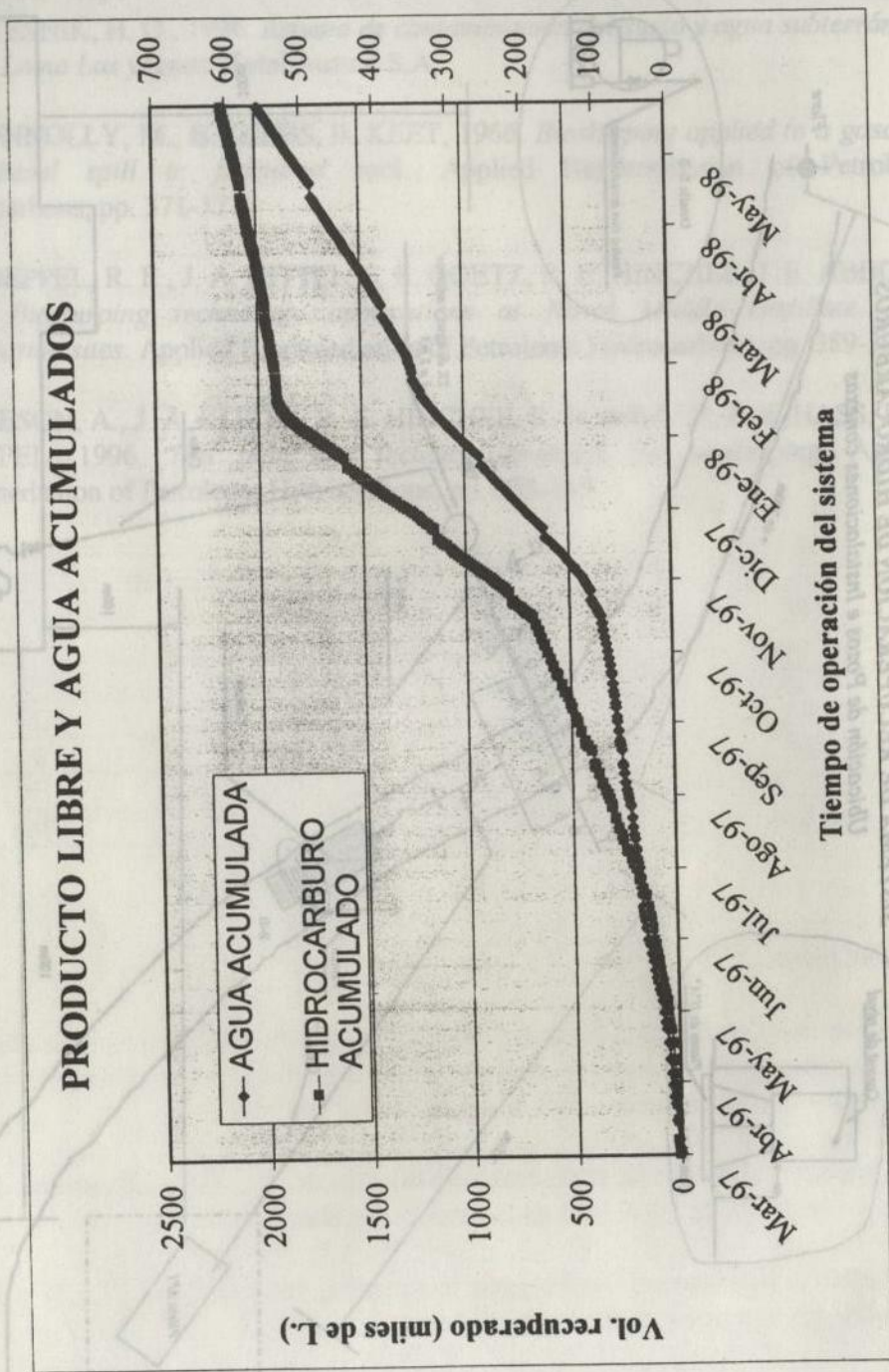
- [1] BITESNIK, H. O., 1996. *Estudio de contaminación del suelo y agua subterránea. Planta Loma Las yeguas*. Total Austral S.A.
- [2] CONNOLLY, M., B. GIBBS, B. KEET, 1966. *Bioslurping applied to a gasoline and diesel spill in fractured rock*. Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons, pp. 371-377.
- [3] HOEPEL, R. E., J. A. KITTEL, F. E. GOETZ, R. E. HINCHEE, J. E. ABBOTT, 1996. *Bioslurping technology applications at Naval Middle Distillate. Fuel remediation sites*. Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons, pp. 389-399.
- [4] LEESON, A., J. A. KITTEL, R. E. HINCHEE, R. N. MILLER, P. E. HASS, R. E. HOEPEL, 1996. *Test plan and technical protocol for bioslurping*. Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons, pp. 335-347.

LUGAR	SKIMMER	BOMBEO	BIOSLURPING
Fallon			170
Andrews	19.2	No aplicable	299
Bolling	64	117	227
Kanab	0.2	0	9
Wright Patterson	12	9.2	17
Loma Las Yeguas			1740

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS

Ubicación de Pozos e Instalaciones conexas





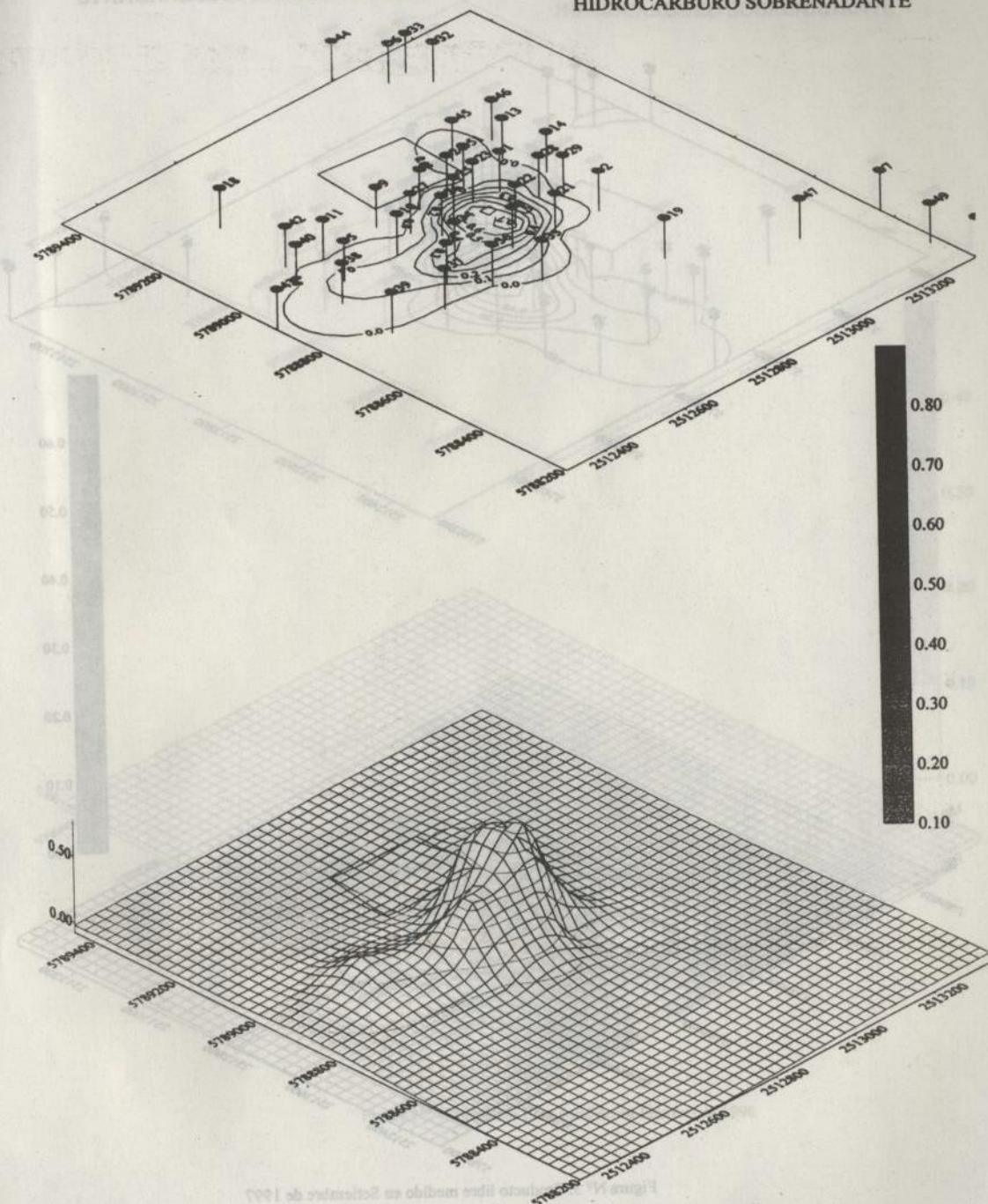


Figura N° 2. Producto libre medido en Junio de 1997

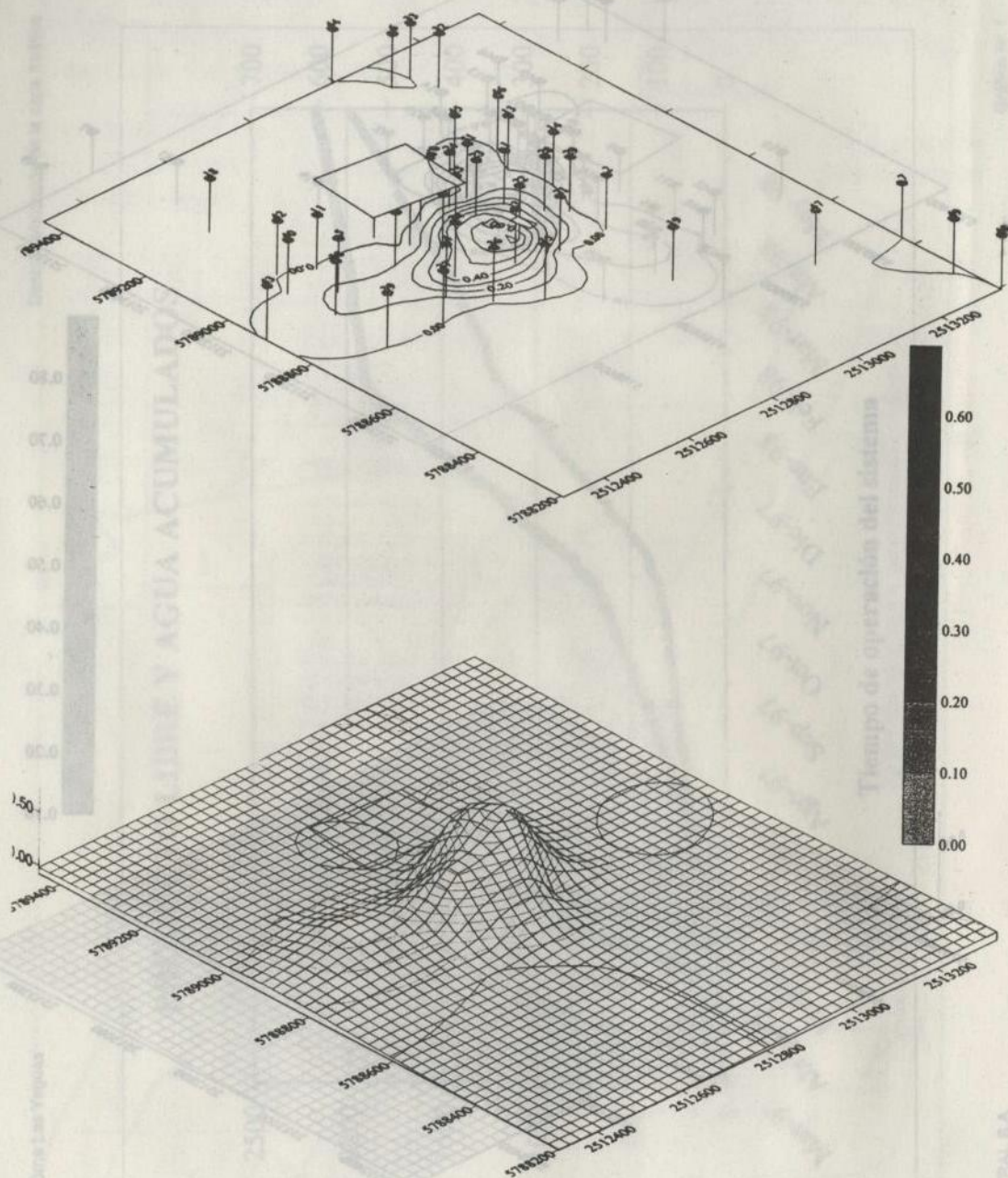


Figura N° 3. Producto libre medido en Setiembre de 1997

PLANTA LOMA DE LAS YEGUAS
HIDROCARBURO SOBRENADANTE

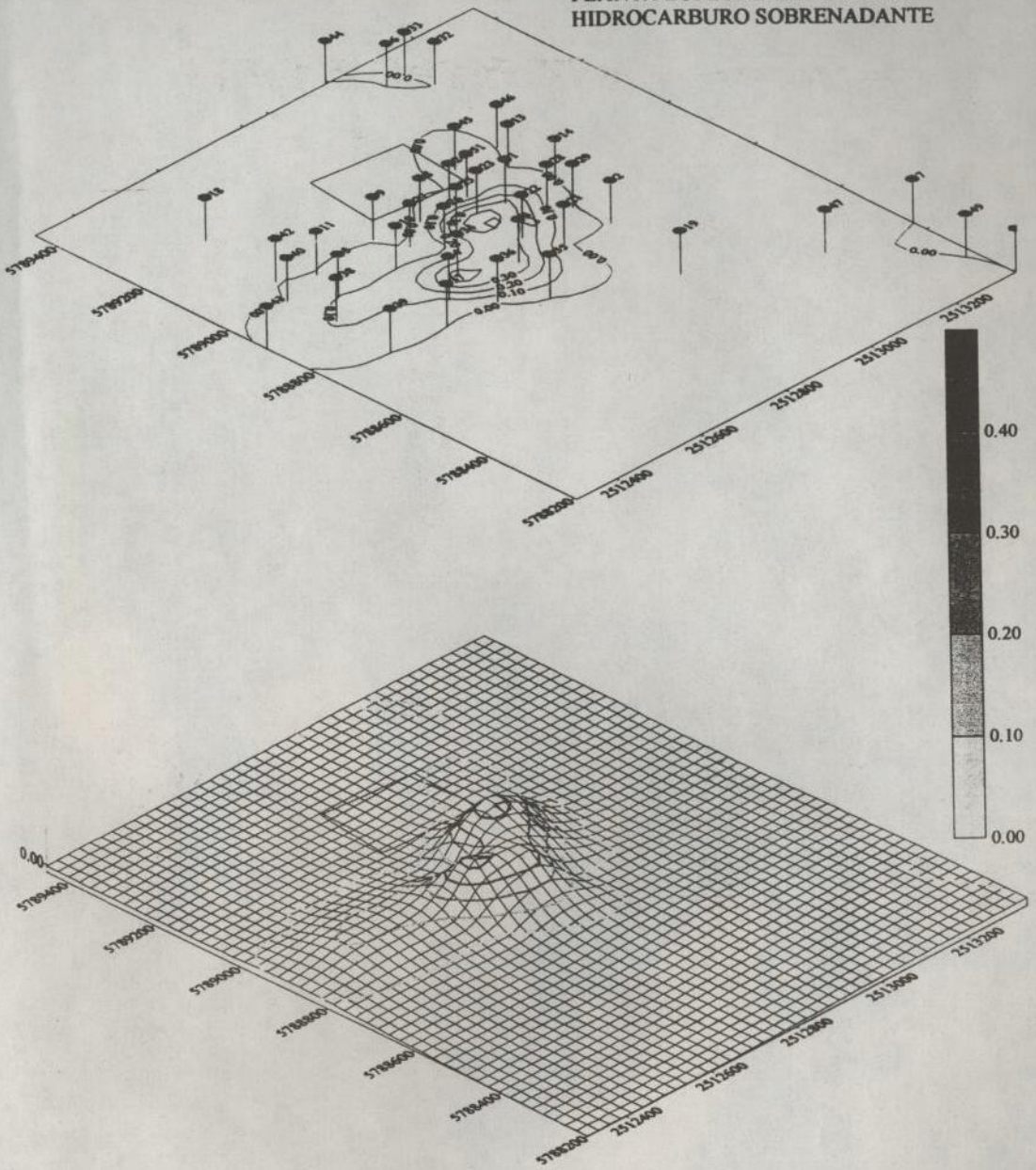


Figura N° 4. Producto libre medido en Febrero de 1998