Ahorro de vapor durante el mantenimiento de la Unidad 7 de 50 MW en el campo geotérmico de Los Azufres, Mich.

Elvia Nohemí Medina Barajas y Alejandro Ruiz Lemus
Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Residencia de Los Azufres, Michoacán, México. Correo: elvia-medina@cfe.gob.mx

Resumen
La producción de vapor con fines comerciales en la zona sur del campo geotérmico de Los Azufres, Mich., México, empezó en 1982 con la puesta en marcha de la Unidad 2 de 5 MW a contrapresión, para continuar en 1988 con la Unidad 7 de 50 MW a condensación. Para cumplir con el suministro de vapor a la U-7, a la fecha es necesario integrar la producción de 15 pozos productores, que producen un total de 450 toneladas por hora (t/h) a condiciones de operación. Durante los periodos de mantenimiento de la U-7 los pozos son desintegrados del sistema de suministro, pero continúan produciendo vapor, el cual es descargado a la atmósfera sin ningún provecho, lo que representa una pérdida que afecta la vida útil del yacimiento geotérmico. Por ello se han propuesto y aplicado diversas acciones operativas en cada uno de esos pozos con el objetivo de ahorrar vapor y preservar el recurso geotérmico. En este trabajo se presentan los resultados de esas acciones y los beneficios técnicos y económicos obtenidos.

Palabras clave: Los Azufres, generación de electricidad, mantenimiento de unidades, plantas a condensación, producción de vapor.

Steam saving during maintenance of the 50-MW Unit 7 at Los Azufres geothermal field, Mich.

Abstract
Commercial-steam production in the southern area of Los Azufres, Mich., Mexico, Geothermal Field began in 1982 with the operation of Unit 2, the backpressure 5-MW unit, and continued in 1988 when the 50-MW condensing Unit 7 was commissioned. Today to supply steam to Unit 7, it is necessary to gather steam from 15 production wells, amounting 450 tons per hour (t/h) under operating conditions. During maintenance periods for Unit 7, production wells are removed from the steam-supply system but continue producing steam that is discharged to the atmosphere—a loss affecting the economic life of the geothermal reservoir. Therefore several actions have been proposed and tried to save the steam and preserve the geothermal resource. This paper presents the results of the actions and the technical and economic benefits obtained from them.

Keywords: Los Azufres, electricity generation, maintenance to power units, condensing plants, steam production.

1. Antecedentes

El campo geotérmico de Los Azufres, ubicado en la porción noroeste de Michoacán, se encuentra dividido en dos zonas: Zona Norte y Zona Sur. En la Zona Sur, tema de este trabajo, operan 19 pozos productores que suministran el vapor requerido para la generación comercial de las unidades a contrapresión números 2, 6 y

10, de 5 MW cada una, así como de las unidades a condensación U-7, de 50 MW, y U-13, de 25 MW (VGM, 2009). Es decir, los 19 pozos suministran vapor para sostener una capacidad instalada de 90 MW.

De acuerdo a los arreglos de vaporductos existentes y a los requerimientos de vapor, hay 15 pozos que suministran vapor a las unidades U-7 y U-13 (Fig. 1).

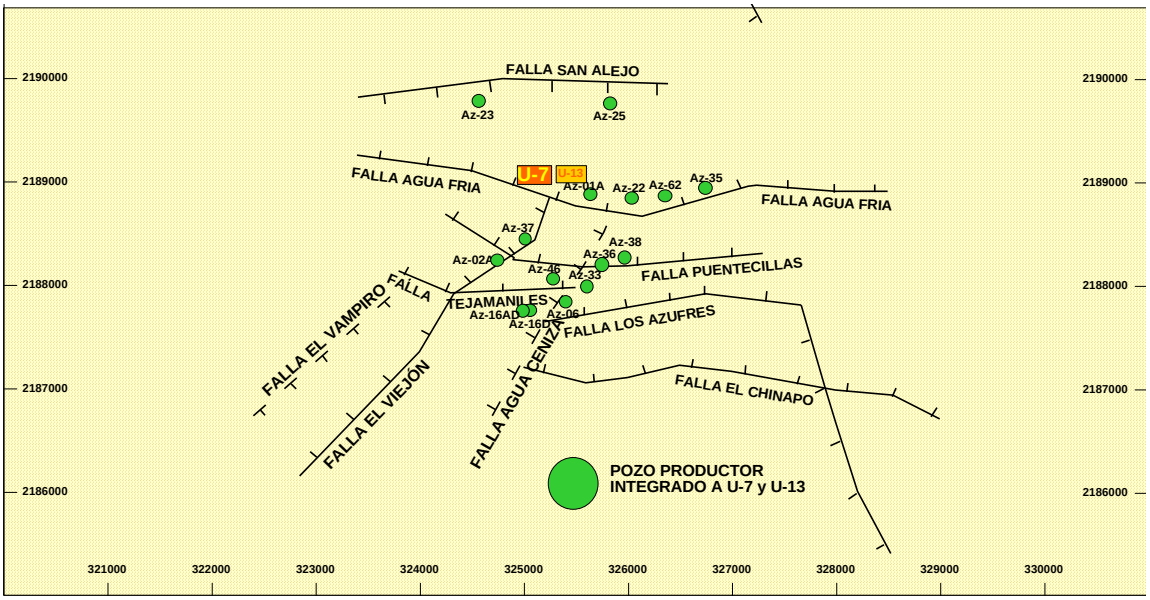

Fig. 1. Localización de pozos integrados a las unidades U-7 y U-13.

De ellos, la producción de los pozos Az-2A, Az-6, Az-16D, Az-16AD, Az-23R, Az-33, Az-36, Az-37, Az-38 y Az-46 se integra a un vaporducto principal hasta un punto de intersección, donde también se integra el vapor producido por los pozos Az-1A, Az-25, Az-35, Az-22 y Az-62. Más adelante, la producción de todos esos pozos se divide yendo una parte para alimentar a la U-7 y la otra para la U-13 (Fig. 2).

La U-7 es una planta a condensación, que es la mayor del campo con 50 MW de capacidad. Usualmente sale del sistema de generación para su mantenimiento anual por un periodo de 30 días en promedio, tiempo que puede ser mayor o menor de acuerdo a las fallas que pueda presentar la unidad. El vapor de los pozos que alimentan a esta unidad se descarga a la atmósfera durante ese periodo de mantenimiento, sin ser aprovechado.

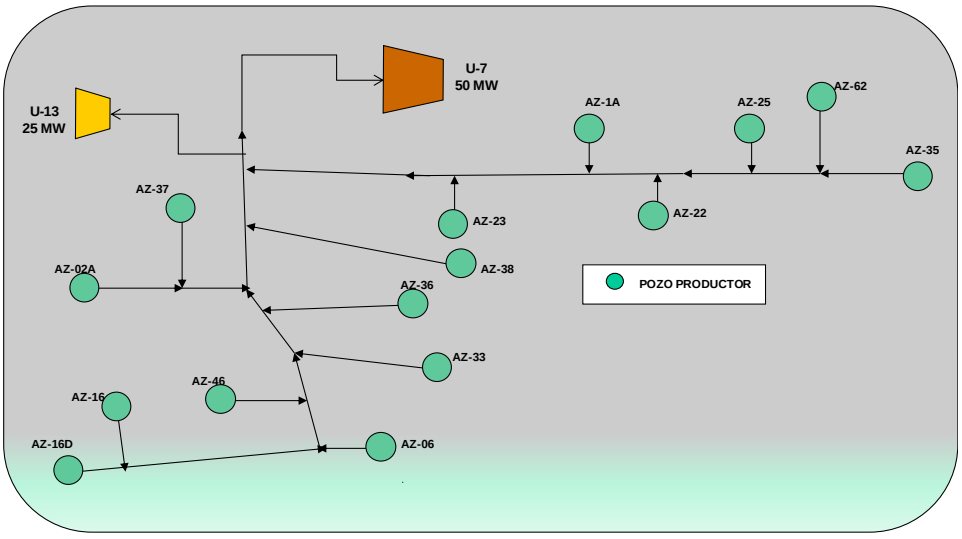

Fig. 2. Diagrama de vaporductos y pozos integrados a las unidades U-7 y U-13.

Antes de la puesta en marcha del proyecto Los Azufres II (4 unidades a condensación de 25 MW cada una), la declinación del yacimiento era de un promedio del 1% por año, aproximadamente. A partir de 2003, con la entrada en operación de las cuatro unidades de Los Azufres II, aumentó la extracción de vapor y la declinación del yacimiento subió hasta un 8% anual, aproximadamente.

Debido a lo anterior se ha tratado de implementar acciones que contribuyan al desarrollo sustentable, al cuidado y al mejor aprovechamiento del recurso geotérmico. Entre ellas se propuso un programa de cierre y/o reducción de orificios de producción en pozos durante los periodos de mantenimiento de la U-7, a fin de ahorrar el vapor que no se utilizará durante los mismos. En este trabajo se presentan los resultados y beneficios técnicos y económicos obtenidos con las acciones operativas propuestas.

2. Disponibilidad del vapor

En la Tabla 1 indican los datos principales de los 15 pozos que se encuentran integrados a las unidades U-7 y U-13, incluyendo su producción de agua y vapor, presión de cabezal y orificio de producción. La producción promedio conjunta de estos pozos suma 606 t/h de vapor y 325 t/h de salmuera (VGM, 2009).

Pozo	Presión de cabezal* (bar)	Producción* (t/h)		Orificio de producción	
		Vapor	Agua	pulgadas	cm
Az-2A	14	30	75	4.5	11.43
Az-6	13	30	0	3.5	8.89
Az-16D	15	20	20	2.25	5.71
Az-16AD	14	17	0	2.5	6.35
Az-23R	11	20	25	3.5	8.89
Az-33	12	32	0	4.5	11.43
Az-36	13	16	0	2.5	6.35
Az-37	12	26	0	3.5	8.89
Az-38	13	79	0	5.5	13.97
Az-46	14	41	0	4.5	11.43
Az-1A	13	43	13	4.5	11.43
Az-25	23	27	67	3.0	7.62
Az-35	15	40	0	4.0	10.16
Az-62	15	90	70	6.5	16.51
Az-22	13	95	55	6.5	16.51
Total		**606**	**325**		

** Datos promedio.*

Tabla 1. Datos promedio de los pozos integrados a las unidades U-7 y U-13

Con base en el arreglo de vaporductos existente, es posible programar qué pozos se pueden sacar del sistema y cuáles se pueden dejar para que continúen suministrando vapor a la unidad U-13, cuando la U-7 deba salir a mantenimiento. Así, de manera general, los pozos que siempre se dejarán integrados a la U-13 mientras la U-7 esté fuera son los últimos cuatro de la Tabla 1: Az 25, Az-35, Az-62 y Az-22, cuya producción es recolectada por un mismo vaporducto (ver Fig. 2).

3. Análisis de la producción de vapor

Una vez definidos los pozos que no deberán salir del sistema para que sigan suministrando vapor a la U-13, fue necesario evaluar el comportamiento de los 11 pozos restantes a fin de determinar qué acciones se podrían tomar para ahorrar vapor durante los mantenimientos de la U-7. Así, se analizó su curva de producción, tasa de declinación particular, condiciones actuales de integración, tipo de fluido extraído, relación agua-vapor, presión de cabezal (Pc), producción (Qv) y orificio de producción (θ), ya que cada pozo presenta un comportamiento diferente.

En cuanto a su producción, en la misma Tabla 1 puede observarse de los 11 pozos asociados a la U-7, cuatro son productores de mezcla (pozos Az-2A, Az-16D, Az-23R y Az-1A) y siete producen sólo vapor (pozos Az-6, Az-16AD, Az-33, Az-36, Az-37, Az-38 y Az-46).

Después se analizaron las características de producción de cada uno de los 11 pozos. Se observó que en los cuatro pozos que producen mezcla la relación agua-vapor es mayor al 50%, con excepción del pozo Az-1A cuya relación es del 23%. Se determinó que estos cuatro pozos no se deberían cerrar durante los mantenimientos de la U-7, ya que en caso de que se ahogaran el proceso de re-apertura requeriría mucho tiempo, lo que no resulta adecuado pues y en pruebas de rodamiento de la unidad es necesario tener disponible y estable la producción de vapor (Medina, 2008).

Sin embargo, se determinó que para los siete pozos que producen únicamente vapor era factible reducir el diámetro de su orificio de producción o bien purgarlos, es decir, desviar su flujo hacia una purga de ¼" de diámetro.

4. Acciones realizadas en el mantenimiento de la U-7 en 2009

Durante los periodos de mantenimiento de la U-7 se realizan actividades de limpieza, engrasado de componentes mecánicos, revisión de los álabes de la turbina, revisión de sistemas de lubricación, rodamientos, etc. Al término del mantenimiento es necesario volver a integrar el vapor necesario para poner a operar la unidad nuevamente.

En 2009 el periodo de mantenimiento fue mayor al promedio, pues abarcó del 16 de febrero al 11 de abril. De acuerdo a lo decidido después del análisis del tipo de fluido producido y del comportamiento general de los pozos que abastecen a la U-7, se decidió que en este periodo los 11 pozos asociados a esta unidad se dejarían en las condiciones que se presentan en la Tabla 2.

Pozo	Acción
Az-2A	Ninguna. Mantenerlo igual.
Az-6	Ponerlo a fluir por línea de 5.08 cm (2") de diámetro.
Az-16D	Ninguna. Mantenerlo igual.
Az-16AD	Ponerlo a fluir por línea de 5.08 cm (2") de diámetro.
Az-23R	Ninguna. Mantenerlo igual.
Az-33	Purgarlo por línea de 0.635 cm (¼") de diámetro.
Az-36	Purgarlo por línea de 0.635 cm (¼") de diámetro.
Az-37	Ponerlo a fluir por línea de 5.08 cm (2") de diámetro.
Az-38	Ponerlo a fluir por línea de 5.08 cm (2") de diámetro.
Az-46	Purgarlo por línea de 0.635 cm (¼") de diámetro.
Az-1A	Ninguna. Mantenerlo igual.

Tabla 2. Acciones operativas decididas para los pozos integrados a la U-7 en su mantenimiento de 2009.

Como se observa en la Tabla 2, no se decidió ninguna acción para los cuatro pozos productores de mezcla, mientras que cuatro de los pozos productores de vapor fueron puestos a fluir por una línea de 2" de diámetro y los otros tres fueron purgados por una línea de ¼" de diámetro.

5. Ventajas técnico-operativas

El personal de la Residencia de Producción que se encarga del suministro de vapor comenzó a sacar del sistema los pozos y a habilitar el material y arreglos necesarios para las acciones operativas decididas,

mismas que empezaron a ejecutarse la semana siguiente a la salida de la U-7. Finalmente los pozos quedaron en las condiciones indicadas en la Tabla 3, en la que también se presenta el flujo de vapor ahorrado gracias a las medidas adoptadas (RLA, 2009).

Pozo	Fecha de reducción de Ø	Duración Restringido (Dias)	Condiciones	PC Max (Bar)	Qv Integrado t/h	Qv estimado descargado atmósfera	**Qv Ahorrado t/h**
Az-6	27-Feb-09	36	Linea 2"	24.5	30	10	20
Az-16AD	27-Feb-09	36	Linea 2"	25.5	17	8	9
Az-33	26-Feb-09	37	Linea 1/4"	35.0	32	0	32
Az-36	27-Feb-09	36	Linea 1/4"	20.0	16	0	16
Az-37	26-Feb-09	37	Linea 2"	20.7	26	8	18
Az-38	28-Feb-09	35	Orificio 1.5	28.6	79	20	59
Az-46	27-Feb-09	36	Linea 1/4"	38.0	41	0	41
						Total	**195**

Tabla 3. Resultados de la reducción de orificios de producción practicada en los pozos integrados a la U-7.

Como se observa en la Tabla 3, con la excepción del pozo Az-38 que fue puesto a producir por orificio de 1.5” de diámetro, todos los demás se dejaron en las condiciones decididas previamente.

En la misma Tabla 3 puede verse que en total se estima un ahorro de 195 t/h de vapor, cantidad que se evitó descargar a la atmósfera durante el mantenimiento de la U-7 en el año 2009.

Las principales ventajas técnico-operativas observadas en el periodo de ejecución de las acciones realizadas fueron las siguientes:

- Fácil instalación de purgas en cada pozo.
- Rápida estabilización de la presión de cabezal del pozo.
- Rápido monitoreo de los pozos purgados.

6. Beneficios técnicos y económicos

Los principales beneficios técnicos obtenidos con las acciones realizadas son los siguientes:

- Ahorro de tiempo en maniobras de campo.
- Reducción en la emisión de gases a la atmósfera.
- Reducción de ruido en las plataformas.
- Reducción de ruido en el ambiente.
- Ahorro de vapor no comercializado.
- Contribución a la reducción de la velocidad de abatimiento del recurso geotérmico.

Para evaluar los beneficios económicos, se calculó el volumen total de vapor ahorrado en cada pozo gracias a las medidas adoptadas durante el periodo de mantenimiento de la U-7, y se convirtió a generación de electricidad de acuerdo al consumo específico de vapor de esta unidad, tal como se observa en la Tabla 4.

Como se puede ver en esa Tabla 4, las 195 t/h de vapor promedio que se ahorraron equivalen a un total de 168,274 toneladas de vapor durante los 35 a 37 días en que cada pozo tuvo restringida su producción. Con

195 t/h de vapor la U-7 puede generar 22.16 MW cada hora (consumo específico de 8.8 toneladas de vapor por MW generado), por lo que durante esos 35 a 37 días se pueden generar poco más de 19 mil MWh.

Pozo	***Qv Ahorrado t/h***	***Duración restricción Días***	***Qv Ahorrado total toneladas***	***Generación ahorrada MWh/pozo***	***Generación MW total***
Az-06	20	36	17280	2.27	1963.64
Az-16AD	9	36	7776	1.02	883.64
Az-33	32	37	28416	3.64	3229.09
Az-36	16	36	13824	1.82	1570.91
Az-37	18	37	15984	2.05	1816.36
Az-38	59	35	49560	6.70	5631.82
Az-46	41	36	35424	4.66	4025.45
Total	195		***168264***	***22.16***	***19120.91***

Tabla 4. Producción ahorrada de vapor y su equivalente en generación de electricidad.

Desde otro punto de vista, en los 55 días que duró el mantenimiento de la U-7 en 2009 se habría producido un total de 580,800 toneladas de vapor, si no se hubiese adoptado ninguna de las medidas mencionadas en los pozos productores de vapor. Por lo tanto, dado que dejaron de producirse 168,264 toneladas gracias a esas medidas, se puede decir que se ahorró casi una tercera parte (el 29%) del vapor que se habría descargado a la atmósfera.

En términos económicos, y considerando que el costo unitario de la tonelada de vapor en el punto de entrega-recepción es de 14.15 pesos (dato de julio de 2009, CFE, 2009), el vapor ahorrado por la reducción de orificios de producción en los pozos equivale a 2.38 millones de pesos (o unos 170 mil dólares americanos al tipo de cambio a esa fecha).

7. Conclusiones y recomendaciones

- Con la reducción de orificios de producción, se logró ahorrar vapor en el 64% de los pozos integrados a la generación comercial de la U-7.

- Con las actividades operativas realizadas se logró ahorrar 168,264 toneladas de vapor, equivalentes a una generación de 19,120 MWh durante el mantenimiento de la U-7 en el año 2009.

- Se logró obtener un ahorro económico de 2.38 millones de pesos gracias al vapor no descargado a la atmósfera.

- Se comprobó que se pueden obtener beneficios técnico-operativo-económicos con la reducción de orificios y/o cierre de pozos, lo cual es beneficioso para la vida de un yacimiento, reflejándose directamente en ahorro de vapor, disminución de emisiones a la atmósfera y reducción de ruido, entre otros beneficios.

- Se recomienda aplicar la propuesta de cierre y/o reducción de orificios en pozos, de acuerdo a las características de cada campo, lo cual contribuye al desarrollo, cuidado y aprovechamiento sustentable del recurso geotérmico.

Referencias

CFE, 2009. Reporte mensual de costos unitarios observados por campo geotermoeléctrico en 2009. CFE, Subdirección de Generación, Inédito.

Medina Barajas, E.N., 2008. Propuesta para cierre de pozos de la zona sur durante el mantenimiento de la U-13. Reporte interno de la CFE, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Residencia de Los Azufres. Inédito.

RLA, 2009. Reporte diario de producción. Libreta maestra. CFE, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Residencia de Producción de la Residencia de Los Azufres. Inédito.

VGM, 2009. *Vulcan Geodata Manager*, base de datos de producción del campo geotérmico de Los Azufres. CFE, Residencia de Los Azufres. Inédito.