SISTEMA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISIS DE REGISTROS DE POZOS CON LA AUTOMATIZACIÓN DE INGRESO DE DATOS Y GRAFICACIÓN DE RESULTADOS

Tesis de Grado para optar por el título de Ingeniero de Petróleos de los Egresados:

Luis Ayala
César Chang
Juan Esparza
Marco Salazar

Marzo 2007

TEMARIO DE LA TESIS

1. Necesidad del desarrollo de este Sistema Computacional
2. Parámetros Geológicos y Petrofísicos determinados en los campos a tratarse
3. Análisis y descripción de los yacimientos en los pozos a probarse
4. Descripción del Programa Base
5. Descripción del Sistema Computacional a desarrollarse
6. Pruebas y Resultados

AGENDA

- Introducción al Sistema Computacional
- Explicación de los programas:
  - LAS Data Processing
  - Well Data Explorer
  - Well Lithology Calculus
  - Well Log Analysis
- Demostración de los Programas
- Conclusiones y Recomendaciones

INTRODUCCIÓN

EL REGISTRO DE POZO

- Surgió como una necesidad para estudiar las condiciones del pozo a sus diferentes profundidades
- Al inicio: Rústico – se utilizaba cable y sonda
- Luego, con la ayuda de la electrónica, automatización y unidades de computación se logró una mejor toma de los parámetros de las formaciones
- El estudio de los pozos por medio de perfiles adquirió un fuerte desarrollo debido a las necesidades técnicas y económicas

EL REGISTRO DE POZO

- Actualmente:
  - Gran número de perfiles y registros
  - Se toman bajo diferentes condiciones del pozo
  - Casi imposible trabajarlos en forma manual
  - La definición vertical de los perfiles es de mayor exactitud
  - Los avances tecnológicos permiten establecer con mucha precisión, en tiempo real, las condiciones del pozo para prueba y producción.
- La interpretación individual, conjunta y global, requiere complejos programas computacionales con precisión y amplitud en el manejo de los resultados

EL REGISTRO DE POZO

- En términos generales tiene los siguientes usos:
  - Identificación de la formación
  - Identificación de las características físicas como porosidad, permeabilidad, fluidos, etc.
  - Determinación del tipo y geometría del flujo de fluidos presentes
  - Evaluar e influenciar en la perforación del pozo

REGISTROS DE POZOS UTILIZADOS

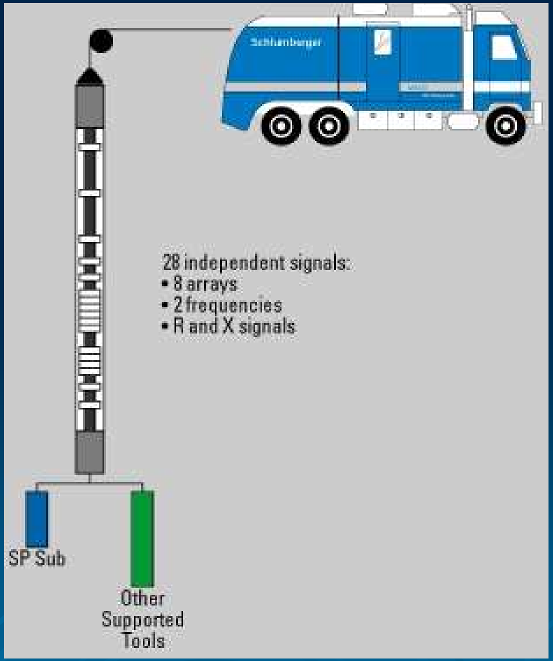
- Potencial Espontáneo (SP)
  - Identifica formaciones permeables y porosas
  - Obtiene indicación del volumen de arcillas en una zona
- Rayos Gamma (GR)
  - Mide radioactividad para determinar qué tipos de rocas están presentes en el pozo
  - Definen capas arcillosas
  - Formaciones con más arcillas o lutitas son más radioactivas
- Registro Sónico
  - Se utiliza para obtener la porosidad de las rocas
- Registro de Densidad
  - Determinan porosidad midiendo la densidad de las rocas

REGISTROS DE POZOS UTILIZADOS

- Registro de Neutrón
  - Determina la porosidad de la formación midiendo la cantidad de átomos de hidrógeno (neutrones) existentes en sus poros
- Registros de Inducción
  - Miden la resistividad de la formación
  - Los registros de resistividad determinan qué tipo de fluidos están presentes en las rocas

ARRAY INDUCTION TOOL (AIT)

- Nuevos desarrollos tecnológicos de la electrónica y avances en la teoría de procesamiento de señales dan lugar a la herramienta AIT de Schlumberger



ARRAY INDUCTION TOOL (AIT)

- Usa 8 arreglos de bobinas de inducción
- Opera a múltiples frecuencias
- Gran resolución vertical
- Varias profundidades de investigación alrededor de la perforación (10, 20, 30, 60 Y 90 pulgadas)
- Amplia gama de resultados a interpretar

LOS REGISTROS QUE USAMOS EN LA TESIS SE OBTUVIERON UTILIZANDO LA HERRAMIENTA AIT

ARRAY INDUCTION TOOL (AIT)

- Ventajas:
  - Mayor precisión en la medición de conductividad de formación a hueco abierto
  - Se puede esperar mejores medidas en zonas de baja a moderada resistividad (< 150 OHM-m)
  - Se lleva a cabo un constante monitoreo en tiempo real
  - Ahorro de tiempo de torre ya que permite correr otras herramientas de registros por arriba y debajo del AIT

CAMPOS Y POZOS CONSIDERADOS EN LA TESIS

Campos	Pozos
AMO	AMO C-1
DAIMI	DAIMI A-15
GINTA	GINTA B-29
IRO	IRO A-10

LA INFORMACION DE ESTOS CAMPOS Y POZOS NOS FUE PROPORCIONADA POR LA COMPANIA REPSOL YPF

DATOS DE INTERÉS DE LOS CAMPOS

- Las formaciones que consideramos en la tesis son las que contienen arenas con componentes calcáreos como la M1-A, M1-C y Lower M1
- Estas formaciones se encuentran aproximadamente a las siguientes profundidades:
  - Campo AMO: 7580 hasta 7740 pies
  - Campo DAIMI: 7620 hasta 7750 pies
  - Campo GINTA: 7680 hasta 7956 pies
  - Campo IRO: 7956 hasta 7996 pies

CONDICIONES DE LOS POZOS

	AMO C-1	DAIMI A-15	GINTA B-29	IRO A-10
CARACTER VERTICAL	Si	Si	Si	Si
TOTAL DE PERFILES	20	27	26	28
PERFILES USADOS EN EL SISTEMA	9	9	9	9
PRODUCCION DE PETROLEO	434 bls/d	240 bls/d	331 bls/d	1264 bls/d
PRODUCCION DE AGUA	17872 bls/d	3182 bls/d	1952 bls/d	694 bls/d
BSW	97.6%	93%	85.5%	35.4%

NOTA: TODOS ESTOS POZOS SE ENCUENTRAN EN PRODUCCION BAJO EL METODO DE LEVANTAMIENTO DE BOMBEO ELECTRICO AL MES DE ABRIL DE 2006 (DATOS PROPORCIONADOS POR REPSOL YPF)

PROGRAMA BASE

PROPOSITO DEL PROGRAMA BASE

- Diseñado para proporcionar los valores de:
  - Saturación de agua
  - Porosidad
  - Índice de hidrocarburos
  - Índice de petróleo desplazable
- Se necesitan Dos o Tres tipos de porosidad (sónico, densidad y neutrón).
- Los datos de resistividad son particularmente importantes

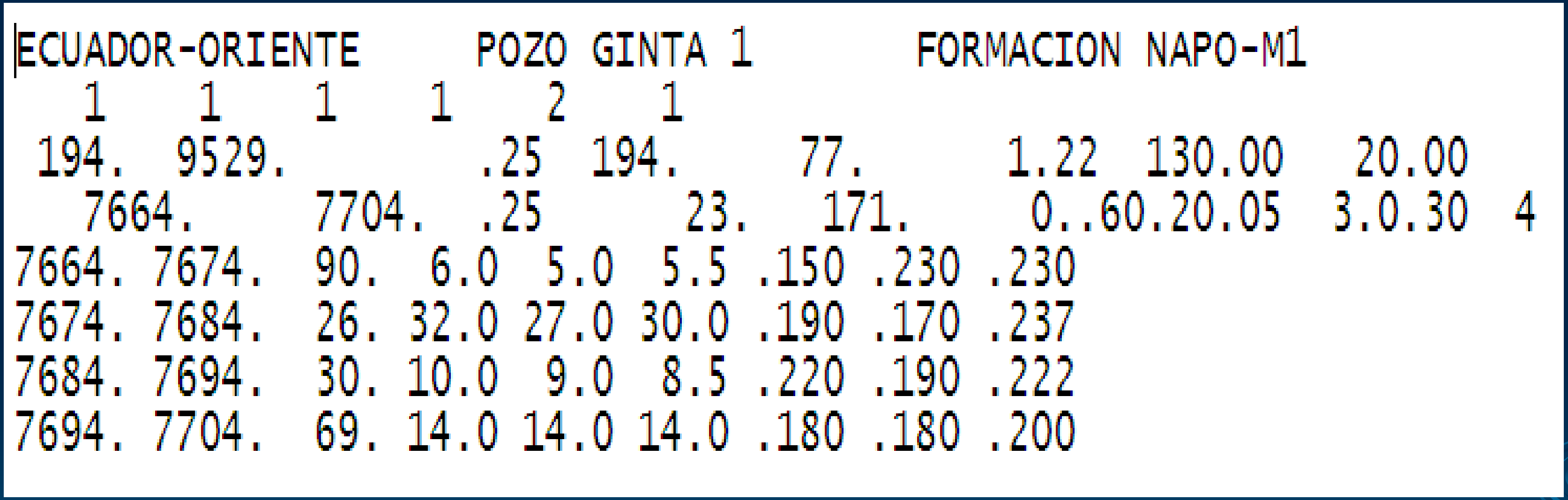
PROPOSITO DEL PROGRAMA BASE

- Los valores de saturación de agua son calculados por varios métodos:
  - Archie
  - Ratio
  - Arena arcillosa
  - Dos porosidades
  - Tres porosidades

PROGRAMA BASE

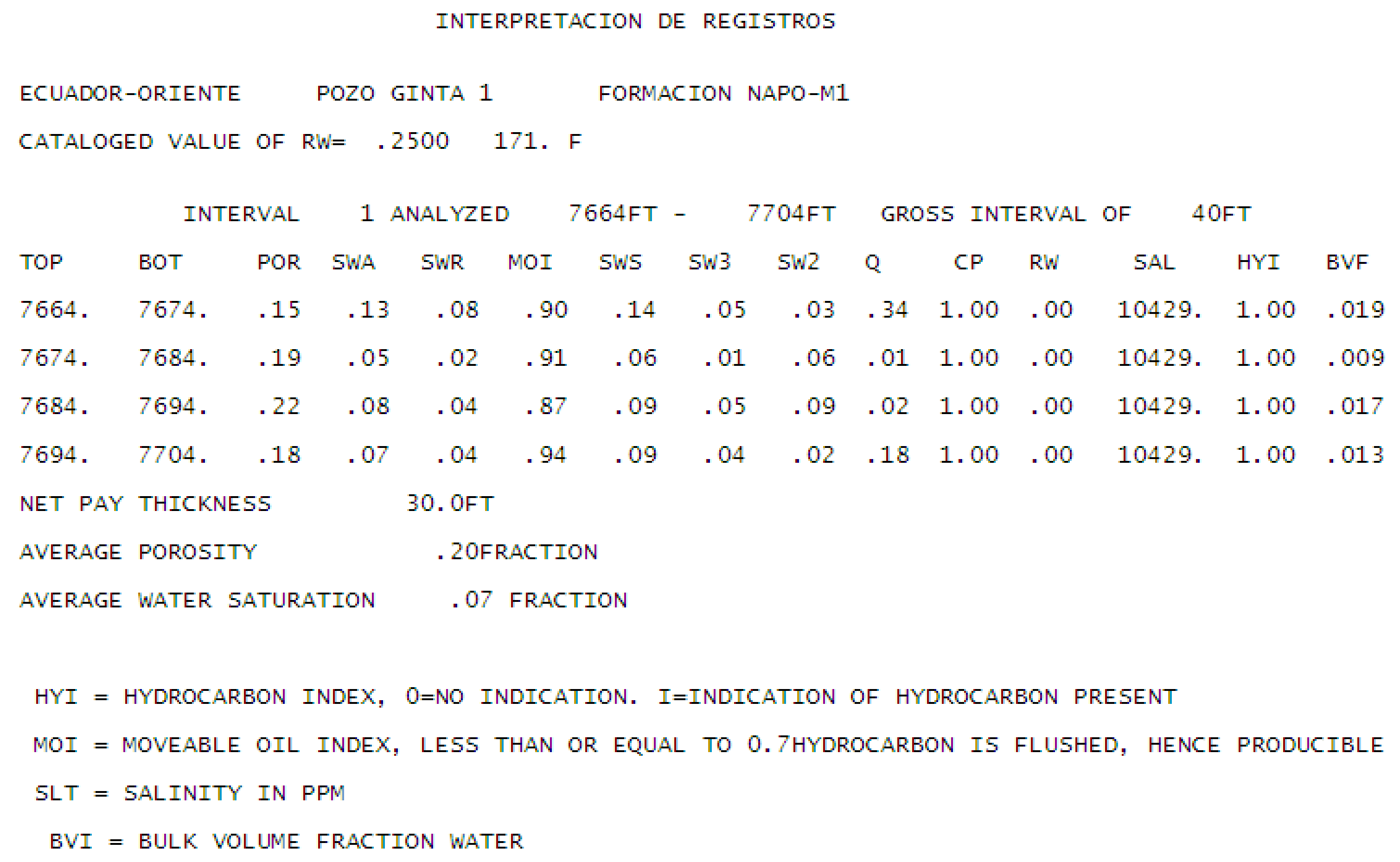
- Denominado “Conventional Well Log Analysis”
- Escrito en FORTRAN IV
- Analiza varios intervalos
- Cada intervalo no puede tener mas de 100 sub-intervalos de análisis
- Escoge una entre 4 opciones de litología
- Hay que indicar el tipo de Registros de Resistividad

INPUT DEL PROGRAMA BASE



```
ECUADOR-ORIENTE     POZO GINTA 1       FORMACION NAPO-M1
   1    1    1    1    2    1
 194.  9529.        .25  194.     77.      1.22  130.00   20.00
   7664.     7704.  .25      23.   171.     0..60.20.05  3.0.30  4
7664. 7674.  90.  6.0  5.0  5.5 .150 .230 .230
7674. 7684.  26. 32.0 27.0 30.0 .190 .170 .237
7684. 7694.  30. 10.0  9.0  8.5 .220 .190 .222
7694. 7704.  69. 14.0 14.0 14.0 .180 .180 .200
```

OUTPUT DEL PROGRAMA BASE



```
                          INTERPRETACION DE REGISTROS

ECUADOR-ORIENTE     POZO GINTA 1       FORMACION NAPO-M1

CATALOGED VALUE OF RW=  .2500   171. F

          INTERVAL    1 ANALYZED    7664FT -    7704FT   GROSS INTERVAL OF    40FT

TOP     BOT     POR  SWA   SWR   MOI   SWS   SW3   SW2   Q    CP    RW     SAL     HYI   BVF

7664.   7674.   .15   .13   .08   .90   .14   .05   .03  .34  1.00  .00   10429.  1.00  .019

7674.   7684.   .19   .05   .02   .91   .06   .01   .06  .01  1.00  .00   10429.  1.00  .009

7684.   7694.   .22   .08   .04   .87   .09   .05   .09  .02  1.00  .00   10429.  1.00  .017

7694.   7704.   .18   .07   .04   .94   .09   .04   .02  .18  1.00  .00   10429.  1.00  .013

NET PAY THICKNESS        30.0FT

AVERAGE POROSITY           .20FRACTION

AVERAGE WATER SATURATION    .07 FRACTION


 HYI = HYDROCARBON INDEX, 0=NO INDICATION. I=INDICATION OF HYDROCARBON PRESENT

 MOI = MOVEABLE OIL INDEX, LESS THAN OR EQUAL TO 0.7HYDROCARBON IS FLUSHED, HENCE PRODUCIBLE

 SLT = SALINITY IN PPM

  BVI = BULK VOLUME FRACTION WATER
```

PROGRAMA BASE

- OBSERVACIONES:
  - Ingreso de datos en forma manual y tabular
  - Resultados se expresan solo en forma tabular
  - Herramienta rígida para las facilidades actuales de computación

SISTEMA COMPUTACIONAL DESARROLLADO

SISTEMA COMPUTACIONAL DESARROLLADO

- Provee la lectura automatizada de los registros de los pozos y el análisis de los mismos en forma rápida y gráfica.
- Se convirtió el Programa BASE de Fortran IV a lenguaje VBA
- Elimina, por lo tanto, la rigidez del Programa BASE
- El objetivo final es el mismo que persigue el Programa BASE "Conventional Well Log Analysis"

SISTEMA COMPUTACIONAL DESARROLLADO

- Creamos programas adicionales para facilitar:
  - Lectura de los datos del pozo
  - Realizar gráficos al instante
  - Calcular la litología probable de cada formación

- Está desarrollado en un ambiente WINDOWS para aprovechar las facilidades de interfases gráficas de usuario

- Los programas fueron escritos en Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) que se ejecuta sobre EXCEL y otros programas de Microsoft

SISTEMA COMPUTACIONAL DESARROLLADO

- Microsoft VBA viene integrado en aplicaciones Microsoft Office tales como:
  - Word
  - Excel
  - Access
  - Power Point
  - Visio

- Microsoft VBA es un lenguaje de macros que permite a usuarios y programadores ampliar la funcionalidad de programas de Microsoft Office

SISTEMA COMPUTACIONAL DESARROLLADO

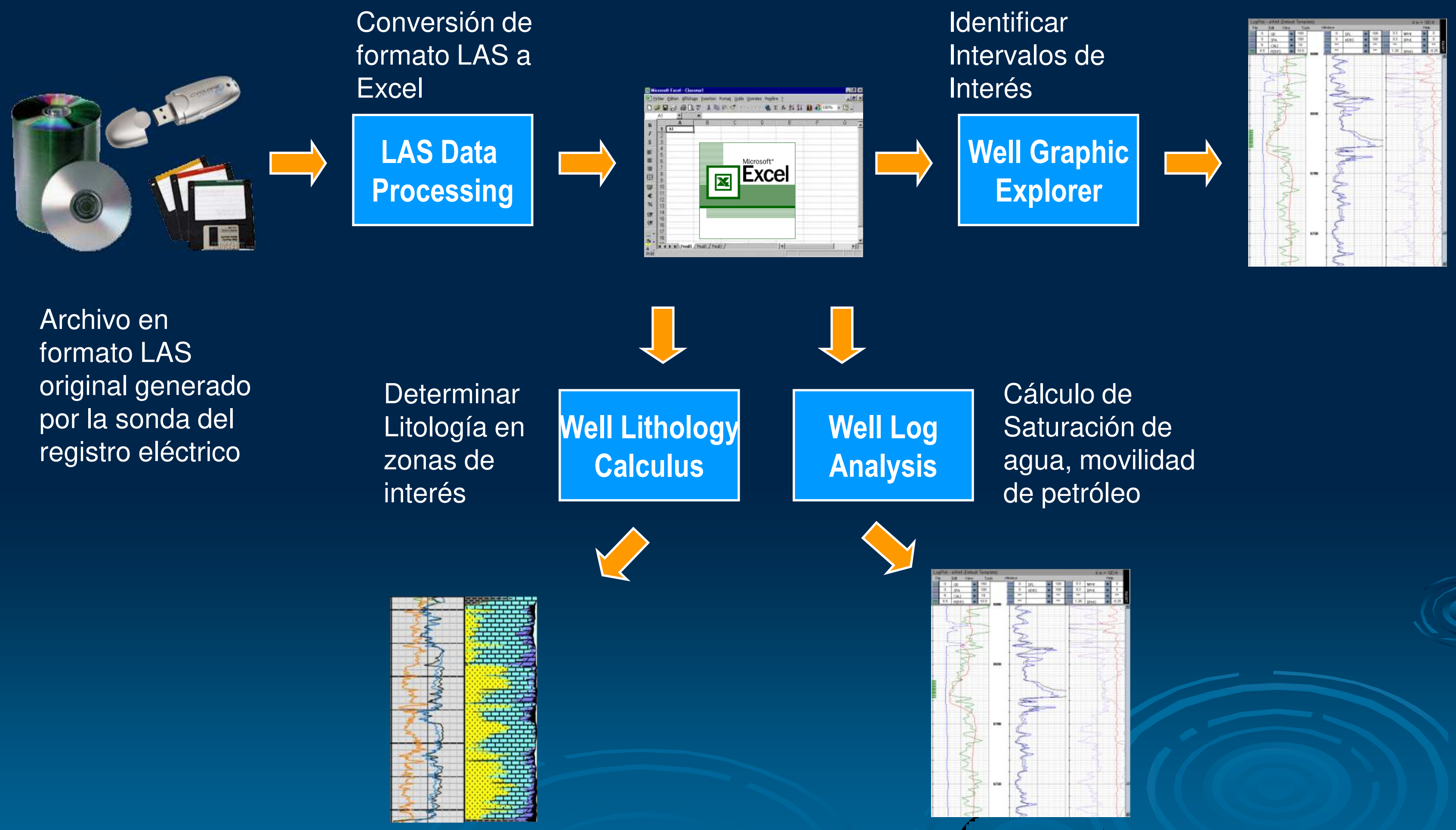
- Para facilitar el tratamiento y el análisis de los datos de los pozos así como de los resultados hemos convertido y grabado los mismos en una hoja de cálculo EXCEL

- De esta manera se aprovechan las funciones nativas de EXCEL para los cálculos matemáticos y funciones de tabulación y graficación

SISTEMA COMPUTACIONAL DESARROLLADO

- Se puede, por tanto, ejecutar en cualquier computador personal que tenga Excel
- Disponible para mayor número de usuarios
- No se requieren equipos de gran capacidad
- No se requieren sistemas complejos o caros
- La información disponible en Excel facilita la creación de una base de Datos

DIAGRAMA OPERATIVO DEL SISTEMA COMPUTACIONAL



Archivo en formato LAS original generado por la sonda del registro eléctrico

Conversión de formato LAS a Excel

LAS Data Processing

Identificar Intervalos de Interés

Well Graphic Explorer

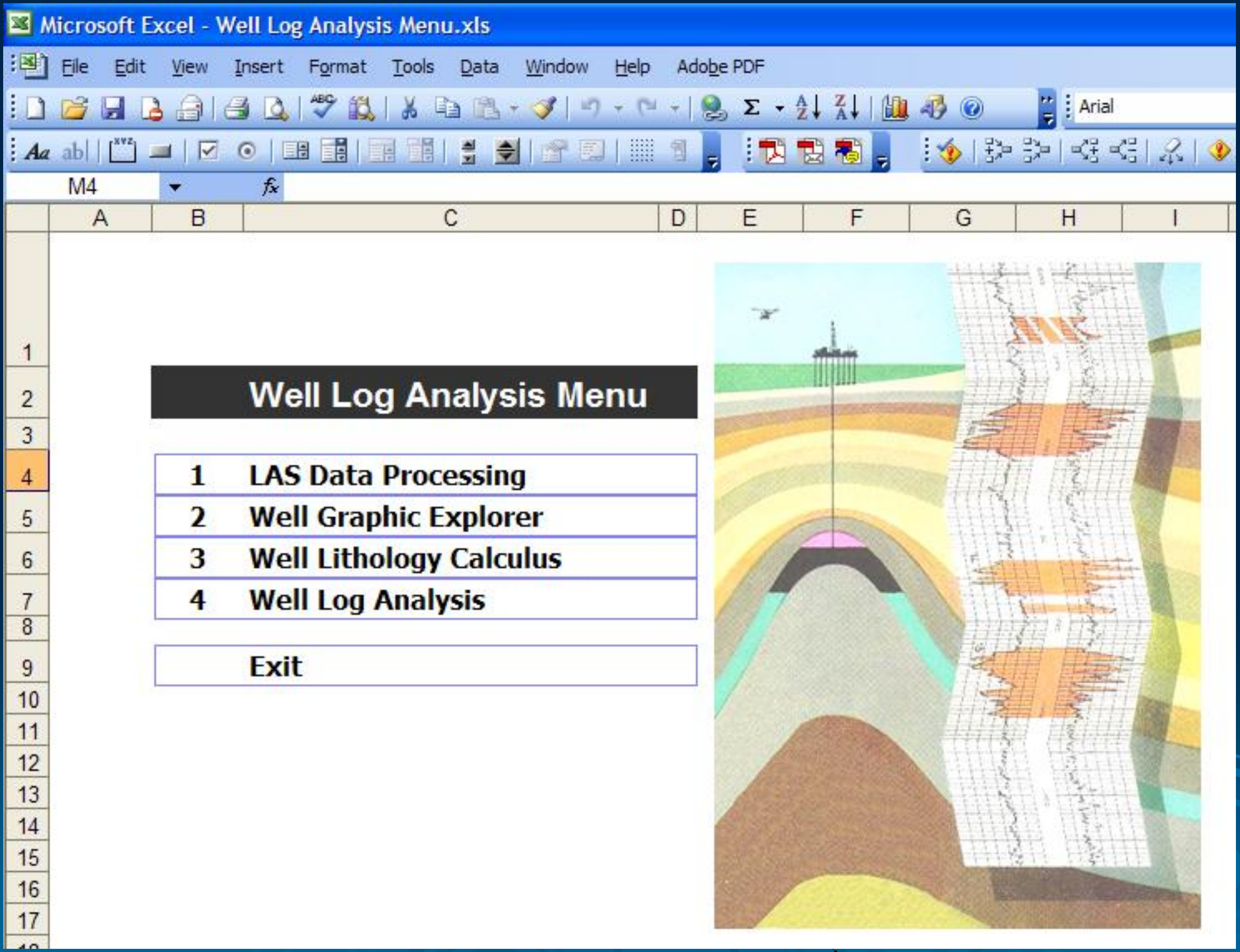
Determinar Litología en zonas de interés

Well Lithology Calculus

Well Log Analysis

Cálculo de Saturación de agua, movilidad de petróleo

MENU PRINCIPAL



Well Log Analysis Menu

1 LAS Data Processing
2 Well Graphic Explorer
3 Well Lithology Calculus
4 Well Log Analysis

Exit

LAS Data Processing

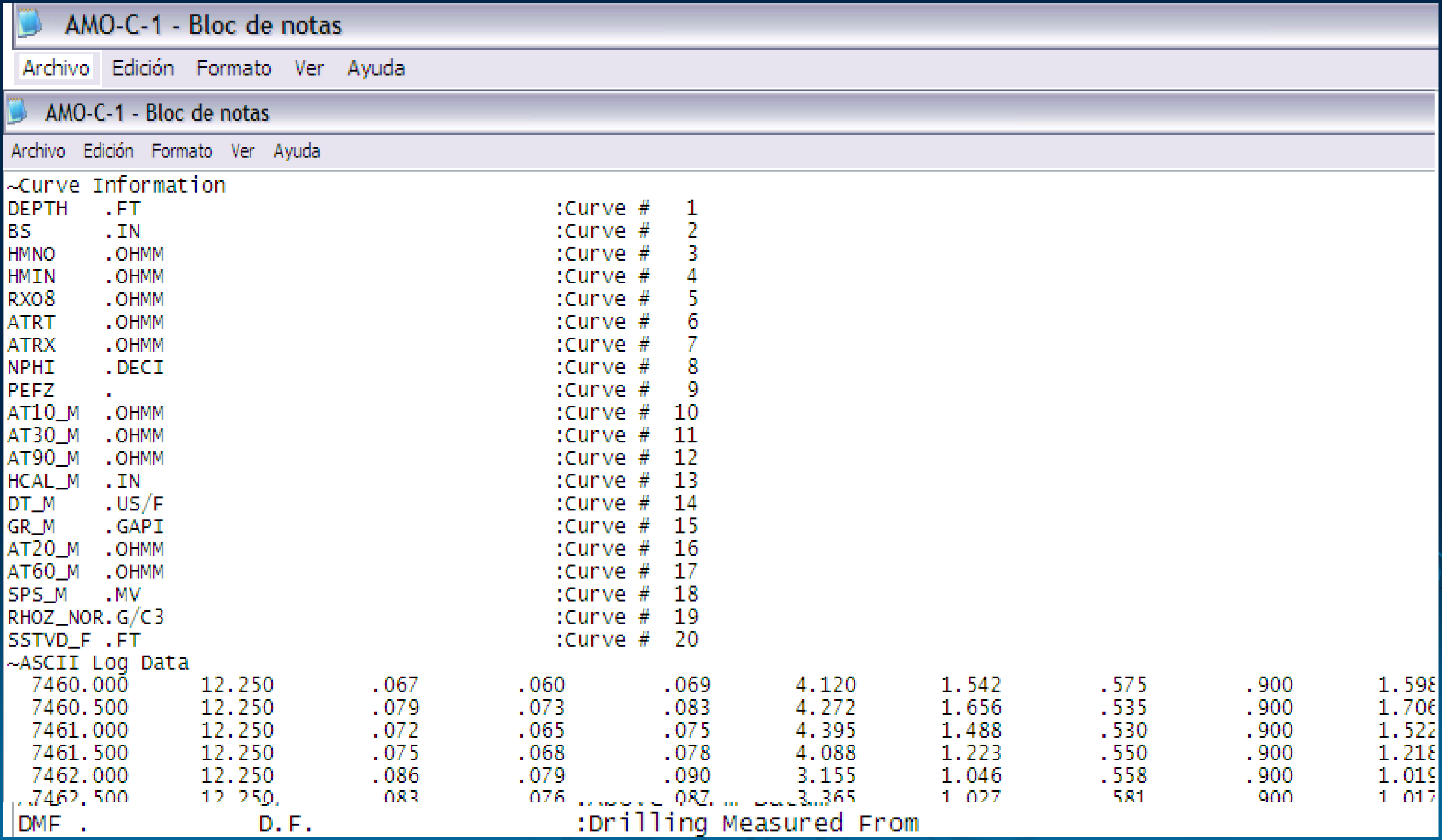
LAS Data Processing

- Utiliza los archivos en formato nativo LAS (Log ASCII Standard)
- El formato LAS no puede ser leído directamente por ningún programa convencional que realice procesos de graficación o matemáticos.
- La estructura del archivo LAS es compleja y agrupa información variada relacionada con el registro del pozo
- El archivo LAS está estructurado por secciones.

Secciones

- ~V - Version: Datos de la versión del archivo
- ~W- Well: Datos de identificación del pozo
- ~C - Curve: Identificación de los diferentes perfiles registrados
- ~P - Parameter: Parámetros y Constantes
- ~O - Other: Otra información de importancia
- ~A - ASCII: Contiene los datos de las lecturas de los registros de cada intérvalo

Ejemplo del Archivo LAS

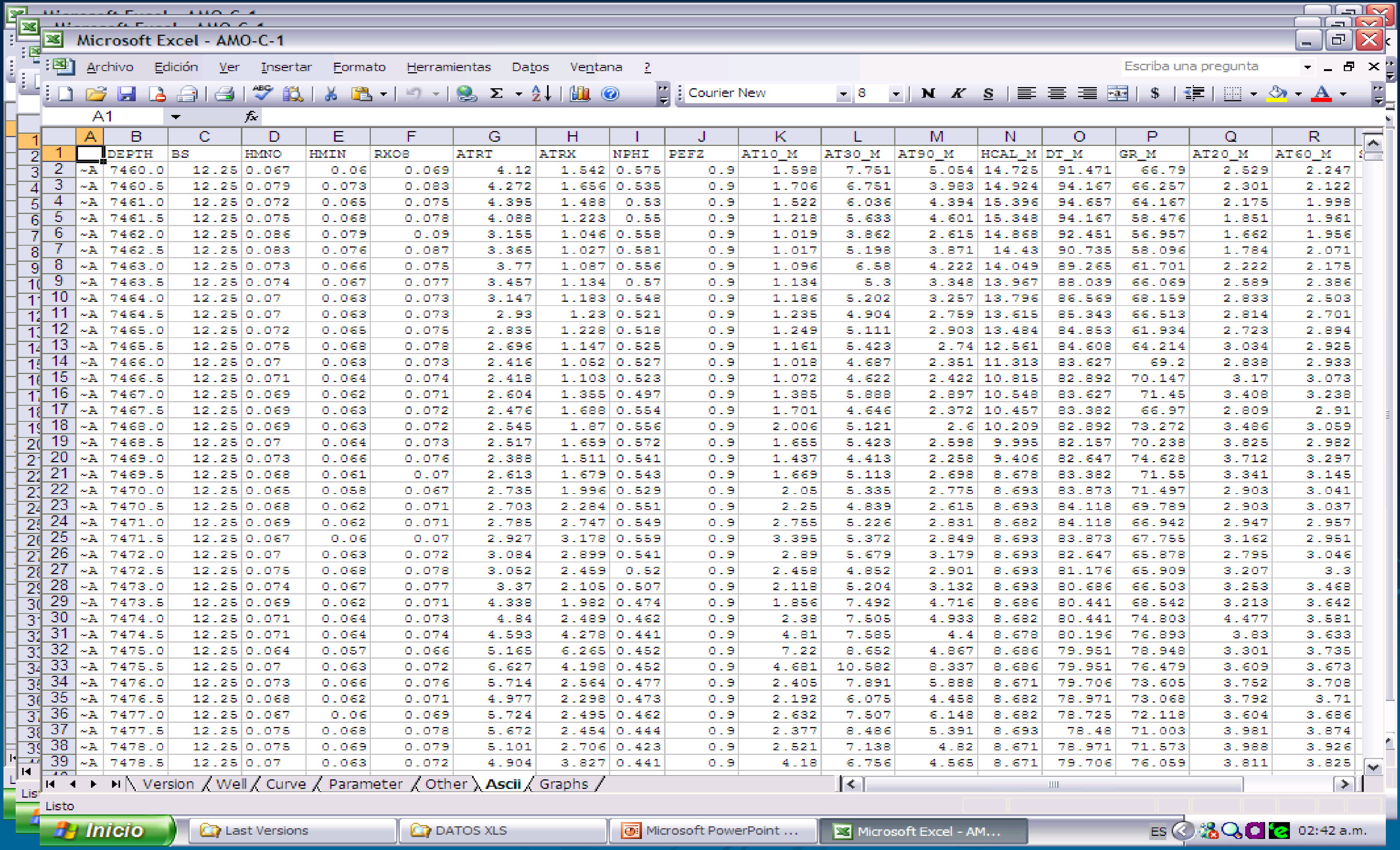


```
~Curve Information
DEPTH    .FT                                        :Curve #   1
BS       .IN                                        :Curve #   2
HMNO     .OHMM                                      :Curve #   3
HMIN     .OHMM                                      :Curve #   4
RXO8     .OHMM                                      :Curve #   5
ATRT     .OHMM                                      :Curve #   6
ATRX     .OHMM                                      :Curve #   7
NPHI     .DECI                                      :Curve #   8
PEFZ     .                                          :Curve #   9
AT10_M   .OHMM                                      :Curve #  10
AT30_M   .OHMM                                      :Curve #  11
AT90_M   .OHMM                                      :Curve #  12
HCAL_M   .IN                                        :Curve #  13
DT_M     .US/F                                      :Curve #  14
GR_M     .GAPI                                      :Curve #  15
AT20_M   .OHMM                                      :Curve #  16
AT60_M   .OHMM                                      :Curve #  17
SPS_M    .MV                                        :Curve #  18
RHOZ_NOR.G/C3                                       :Curve #  19
SSTVD_F .FT                                         :Curve #  20
~ASCII Log Data
  7460.000     12.250        .067        .060        .069      4.120      1.542       .575       .900      1.598
  7460.500     12.250        .079        .073        .083      4.272      1.656       .535       .900      1.706
  7461.000     12.250        .072        .065        .075      4.395      1.488       .530       .900      1.522
  7461.500     12.250        .075        .068        .078      4.088      1.223       .550       .900      1.218
  7462.000     12.250        .086        .079        .090      3.155      1.046       .558       .900      1.019
  7462.500     12.250        .083        .076        .087      3.365      1.027       .581       .900      1.017
 DMF .               D.F.                         :Drilling Measured From
```

LAS Data Processing

- Principales Características
  - Lee el archivo fuente en su totalidad línea por línea, identifica a qué Sección de Datos pertenece y le da un tratamiento específico a cada una de ellas.
  - Se separan los datos en celdas individuales en la hoja de Excel para facilitar su posterior tratamiento.
  - Se identifica la referencia a valores nulos, los mismos que se reflejan como celdas vacías en la hoja Excel.
  - Cada Sección queda en Hojas de cálculo (Worksheets) separadas pero en un mismo archivo Excel
  - Este archivo conserva exactamente todos los datos originales del archivo LAS convertido.

Ejemplo



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		DEPTH	BS	HMNO	HMIN	RXO8	ATRT	ATRX	NPHI	PEFZ	AT10_M	AT30_M	AT90_M	HCAL_M	DT_M	GR_M	AT20_M	AT60_M
2	~A	7460.0	12.25	0.067	0.06	0.069	4.12	1.542	0.575	0.9	1.598	7.751	5.054	14.725	91.471	66.79	2.529	2.247
3	~A	7460.5	12.25	0.079	0.073	0.083	4.272	1.656	0.535	0.9	1.706	6.751	3.983	14.924	94.167	66.257	2.301	2.122
4	~A	7461.0	12.25	0.072	0.065	0.075	4.395	1.488	0.53	0.9	1.522	6.036	4.394	15.396	94.657	64.167	2.175	1.998
5	~A	7461.5	12.25	0.075	0.068	0.078	4.088	1.223	0.55	0.9	1.218	5.633	4.601	15.348	94.167	58.476	1.851	1.961
6	~A	7462.0	12.25	0.086	0.079	0.09	3.155	1.046	0.558	0.9	1.019	3.862	2.615	14.868	92.451	56.957	1.662	1.956
7	~A	7462.5	12.25	0.083	0.076	0.087	3.365	1.027	0.581	0.9	1.017	5.198	3.871	14.43	90.735	58.096	1.784	2.071
8	~A	7463.0	12.25	0.073	0.066	0.075	3.77	1.087	0.556	0.9	1.096	6.58	4.222	14.049	89.265	61.701	2.222	2.175
9	~A	7463.5	12.25	0.074	0.067	0.077	3.457	1.134	0.57	0.9	1.134	5.3	3.348	13.967	88.039	66.069	2.589	2.386
10	~A	7464.0	12.25	0.07	0.063	0.073	3.147	1.183	0.548	0.9	1.186	5.202	3.257	13.796	86.569	68.159	2.833	2.503
11	~A	7464.5	12.25	0.07	0.063	0.073	2.93	1.23	0.521	0.9	1.235	4.904	2.759	13.615	85.343	66.513	2.814	2.701
12	~A	7465.0	12.25	0.072	0.065	0.075	2.835	1.228	0.518	0.9	1.249	5.111	2.903	13.484	84.853	61.934	2.723	2.894
13	~A	7465.5	12.25	0.075	0.068	0.078	2.696	1.147	0.525	0.9	1.161	5.423	2.74	12.561	84.608	64.214	3.034	2.925
14	~A	7466.0	12.25	0.07	0.063	0.073	2.416	1.052	0.527	0.9	1.018	4.687	2.351	11.313	83.627	69.2	2.838	2.933
15	~A	7466.5	12.25	0.071	0.064	0.074	2.418	1.103	0.523	0.9	1.072	4.622	2.422	10.815	82.892	70.147	3.17	3.073
16	~A	7467.0	12.25	0.069	0.062	0.071	2.604	1.355	0.497	0.9	1.385	5.888	2.897	10.548	83.627	71.45	3.408	3.238
17	~A	7467.5	12.25	0.069	0.063	0.072	2.476	1.688	0.554	0.9	1.701	4.646	2.372	10.457	83.382	66.97	2.809	2.91
18	~A	7468.0	12.25	0.069	0.063	0.072	2.545	1.87	0.556	0.9	2.006	5.121	2.6	10.209	82.892	73.272	3.486	3.059
19	~A	7468.5	12.25	0.07	0.064	0.073	2.517	1.659	0.572	0.9	1.655	5.423	2.598	9.995	82.157	70.238	3.825	2.982
20	~A	7469.0	12.25	0.073	0.066	0.076	2.388	1.511	0.541	0.9	1.437	4.413	2.258	9.406	82.647	74.628	3.712	3.297
21	~A	7469.5	12.25	0.068	0.061	0.07	2.613	1.679	0.543	0.9	1.669	5.113	2.698	8.678	83.382	71.55	3.341	3.145
22	~A	7470.0	12.25	0.065	0.058	0.067	2.735	1.996	0.529	0.9	2.05	5.335	2.775	8.693	83.873	71.497	2.903	3.041
23	~A	7470.5	12.25	0.068	0.062	0.071	2.703	2.284	0.551	0.9	2.25	4.839	2.615	8.693	84.118	69.789	2.903	3.037
24	~A	7471.0	12.25	0.069	0.062	0.071	2.785	2.747	0.549	0.9	2.755	5.226	2.831	8.682	84.118	66.942	2.947	2.957
25	~A	7471.5	12.25	0.067	0.06	0.07	2.927	3.178	0.559	0.9	3.395	5.372	2.849	8.693	83.873	67.755	3.162	2.951
26	~A	7472.0	12.25	0.07	0.063	0.072	3.084	2.899	0.541	0.9	2.89	5.679	3.179	8.693	82.647	65.878	2.795	3.046
27	~A	7472.5	12.25	0.075	0.068	0.078	3.052	2.459	0.52	0.9	2.458	4.852	2.901	8.693	81.176	65.909	3.207	3.3
28	~A	7473.0	12.25	0.074	0.067	0.077	3.37	2.105	0.507	0.9	2.118	5.204	3.132	8.693	80.686	66.503	3.253	3.468
29	~A	7473.5	12.25	0.069	0.062	0.071	4.338	1.982	0.474	0.9	1.856	7.492	4.716	8.686	80.441	68.542	3.213	3.642
30	~A	7474.0	12.25	0.071	0.064	0.073	4.84	2.489	0.462	0.9	2.38	7.505	4.933	8.682	80.441	74.803	4.477	3.581
31	~A	7474.5	12.25	0.071	0.064	0.074	4.593	4.278	0.441	0.9	4.81	7.585	4.4	8.678	80.196	76.893	3.83	3.633
32	~A	7475.0	12.25	0.064	0.057	0.066	5.165	6.265	0.452	0.9	7.22	8.652	4.867	8.686	79.951	78.948	3.301	3.735
33	~A	7475.5	12.25	0.07	0.063	0.072	6.627	4.198	0.452	0.9	4.681	10.582	8.337	8.686	79.951	76.479	3.609	3.673
34	~A	7476.0	12.25	0.073	0.066	0.076	5.714	2.564	0.477	0.9	2.405	7.891	5.888	8.671	79.706	73.605	3.752	3.708
35	~A	7476.5	12.25	0.068	0.062	0.071	4.977	2.298	0.473	0.9	2.192	6.075	4.458	8.682	78.971	73.068	3.792	3.71
36	~A	7477.0	12.25	0.067	0.06	0.069	5.724	2.495	0.462	0.9	2.632	7.507	6.148	8.682	78.725	72.118	3.604	3.686
37	~A	7477.5	12.25	0.075	0.068	0.078	5.672	2.454	0.444	0.9	2.377	8.486	5.391	8.693	78.48	71.003	3.981	3.874
38	~A	7478.0	12.25	0.075	0.069	0.079	5.101	2.706	0.423	0.9	2.521	7.138	4.82	8.671	78.971	71.573	3.988	3.926
39	~A	7478.5	12.25	0.07	0.063	0.072	4.904	3.827	0.441	0.9	4.18	6.756	4.565	8.671	79.706	76.059	3.811	3.825

Well Graphic Explorer

Características Principales

- Utiliza cualquier archivo LAS Convertido a Excel mediante el “LAS Data Processing”
- Se utiliza para realizar una exploración visual de los registros del pozo, por rangos o en su totalidad.
- De esta forma se identifican la o las zonas de interés que se analizarán posteriormente.

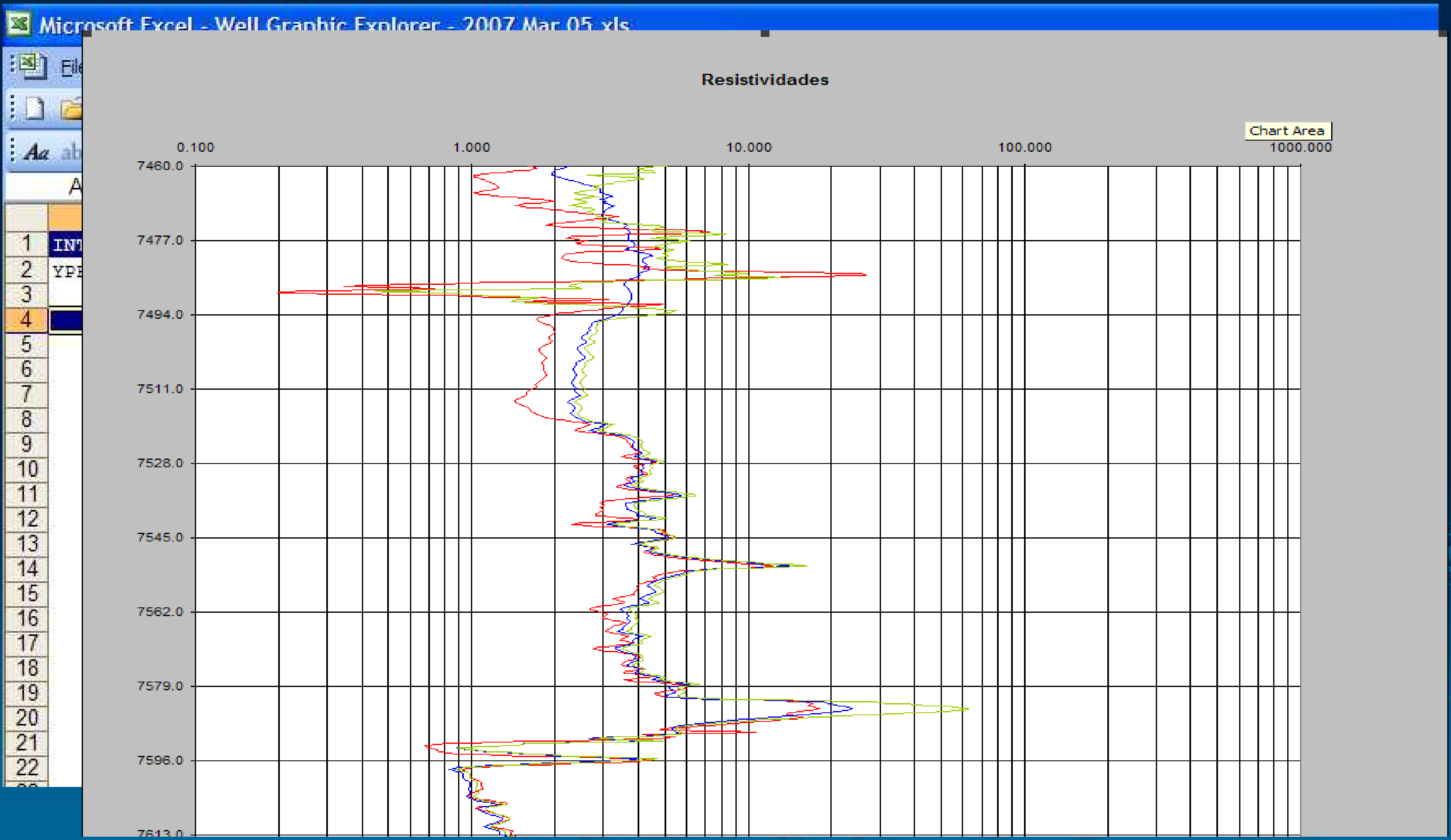
… Características Principales

- Este programa se encarga de ubicar dentro del archivo LAS Convertido los datos de 9 perfiles específicos:

Depth	AIT 90	RHOZ
SP	AIT 60	Δt
GR	AIT 10	Øn

- Una misma curva puede ser nombrada de un archivo a otro con diferentes nemónicos, el programa se encarga de revisar todas las equivalencias para identificarla.

Ejemplo


Microsoft Excel - Well Graphic Explorer - 2007 Mar 05.xls
File
Aa
A
1 INT
2 YPF
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
Resistividades
Chart Area
0.100
1.000
10.000
100.000
1000.000
7460.0
7477.0
7494.0
7511.0
7528.0
7545.0
7562.0
7579.0
7596.0
7613.0

Well Lithology Calculus

Características Principales

- Determina los índices de Porosidad y composición de los minerales presentes en el intervalo analizado
- Se utiliza un Sistema de Ecuaciones Lineales simultáneas con los valores conocidos de Δt, Øn, ρb del fluido y de los registros de porosidad presentes en la zona barrida.
- La solución del sistema determina los porcentajes de Porosidad, Arenisca, Caliza y Dolomita que se encuentran en cada nivel

Características Principales

- Para la resolución del sistema de ecuaciones se utiliza el método de eliminación de Gauss-Jordan.
- Con los valores de registro ∆t, Øn, ρb de cada nivel se resuelve el sistema de ecuaciones
- Si se encuentran valores inconsistentes (negativos) de los minerales presentes, se replantea el sistema asumiendo la ausencia de dicho mineral y se vuelve a resolver el conjunto de ecuaciones.

Características Principales

- Cada vez, el programa ejecuta 76 operaciones matemáticas para resolver el sistema de 4 ecuaciones.
- El método procesa hasta 3 veces si se encuentran valores inconsistentes (negativos)
- Habría un cuarto proceso que incluye un ajuste de inconsistencias mediante distribución estadística de error.
- Los 4 procesos se aplican a cada nivel
- En un rango de 100 niveles (50 pies) el número de iteraciones sería:
  - 100 * (76 + 76 + 76 + 8) = 23.600 operaciones

SISTEMA DE ECUACIONES LINEALES

- Está dado por:

$$\varnothing . \Delta t f + V1 . \Delta tma1 + V2 . \Delta tma2 + V3 . \Delta tma3 = \Delta t$$

$$\varnothing . (\varnothing N) f + V1 . (\varnothing N)ma1 + V2 . (\varnothing N)ma2 + V3 . (\varnothing N)ma3 = (\varnothing N)$$

$$\varnothing . \rho f + V1 . \rho ma1 + V2 . \rho ma2 + V3 . \rho ma3 = \rho b$$

$$\varnothing + V1 + V2 + V3 = 1$$

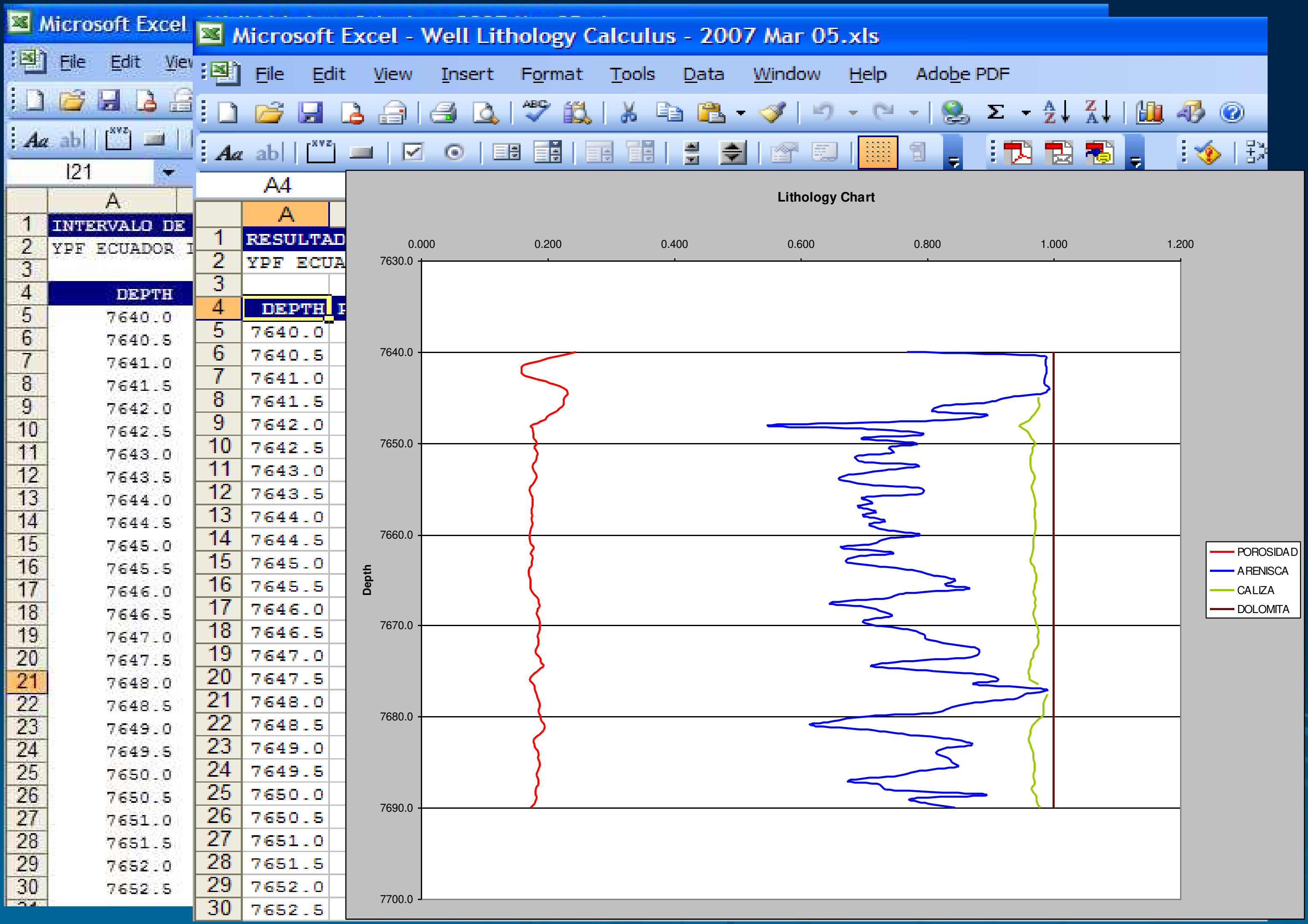
Δt= Tiempo de Tránsito
ρb= Densidad de la roca
$\varnothing N$= Porosidad aparente
ma1, ma2, ma3 = Identifica los minerales
f= fluido

Sistema de Ecuaciones

- Los valores para los coeficientes de la matriz del sistema de ecuaciones son:

	FLUIDOS	ARENISCA	CALIZAS	DOLOMITAS
Δt	189	55.5	47.6	43.5
r b	1	2.65	2.71	2.87
∅n	1	-0.035	0	0.035

Ejemplo



	A
1	INTERVALO DE
2	YPF ECUADOR I
3	
4	DEPTH
5	7640.0
6	7640.5
7	7641.0
8	7641.5
9	7642.0
10	7642.5
11	7643.0
12	7643.5
13	7644.0
14	7644.5
15	7645.0
16	7645.5
17	7646.0
18	7646.5
19	7647.0
20	7647.5
21	7648.0
22	7648.5
23	7649.0
24	7649.5
25	7650.0
26	7650.5
27	7651.0
28	7651.5
29	7652.0
30	7652.5

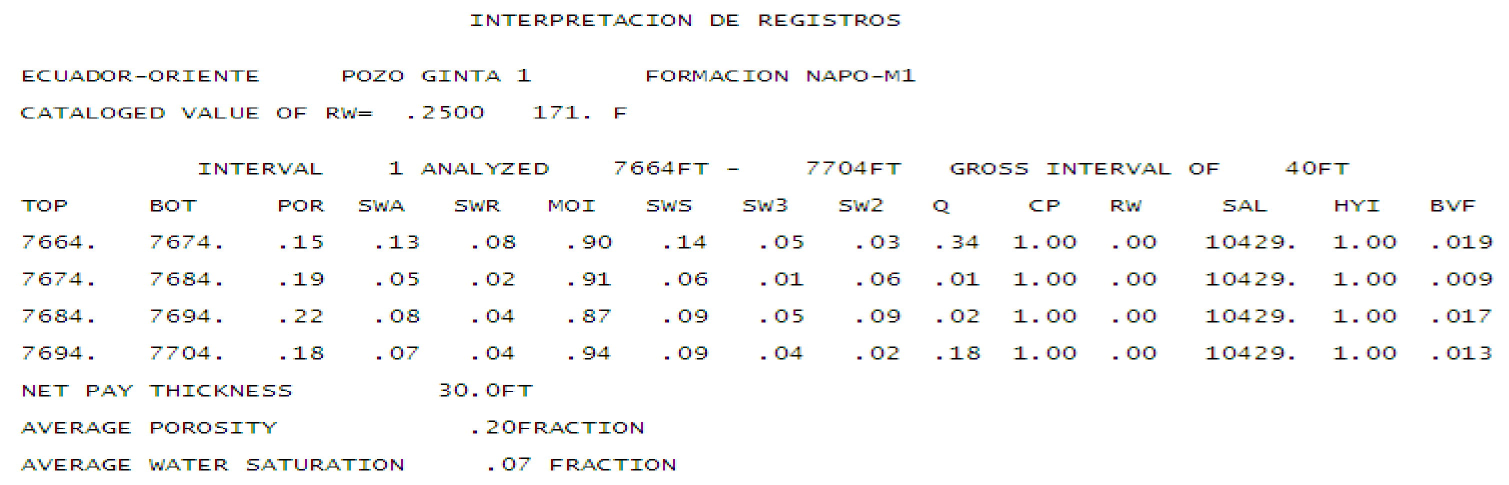
	A
1	RESULTAD
2	YPF ECUA
3	
4	DEPTH
5	7640.0
6	7640.5
7	7641.0
8	7641.5
9	7642.0
10	7642.5
11	7643.0
12	7643.5
13	7644.0
14	7644.5
15	7645.0
16	7645.5
17	7646.0
18	7646.5
19	7647.0
20	7647.5
21	7648.0
22	7648.5
23	7649.0
24	7649.5
25	7650.0
26	7650.5
27	7651.0
28	7651.5
29	7652.0
30	7652.5

Well Log Analysis

Características Principales

- Este programa incluye la conversión del Programa Base en FORTRAN a VBA bajo Excel
- Conserva las mismas funciones, validaciones, mensajes y nombres de variables
- Incluye las ecuaciones correspondientes para la determinación de las saturaciones de agua por los diferentes métodos.
- Se mantiene el mismo objetivo del programa original:
- Determina los valores de saturación de agua, movilidad del petróleo y contenido de arcilla para un determinado intervalo de interés

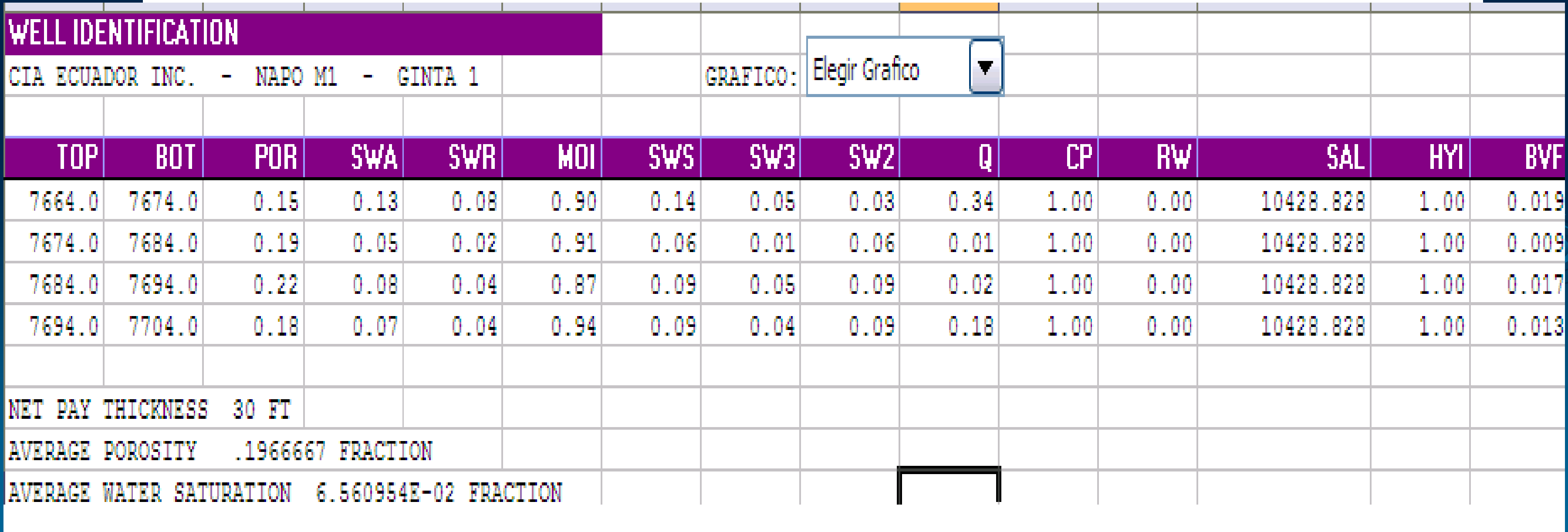
CUMPLIMIENTO DEL 1er. LOGRO



```
                          INTERPRETACION DE REGISTROS

ECUADOR-ORIENTE      POZO GINTA 1        FORMACION NAPO-M1
CATALOGED VALUE OF RW=   .2500   171. F

           INTERVAL    1 ANALYZED    7664FT -    7704FT   GROSS INTERVAL OF    40FT
TOP       BOT       POR   SWA    SWR    MOI    SWS    SW3    SW2    Q     CP     RW     SAL      HYI    BVF
7664.     7674.     .15   .13    .08    .90    .14    .05    .03   .34   1.00   .00    10429.   1.00   .019
7674.     7684.     .19   .05    .02    .91    .06    .01    .06   .01   1.00   .00    10429.   1.00   .009
7684.     7694.     .22   .08    .04    .87    .09    .05    .09   .02   1.00   .00    10429.   1.00   .017
7694.     7704.     .18   .07    .04    .94    .09    .04    .02   .18   1.00   .00    10429.   1.00   .013
NET PAY THICKNESS          30.0FT
AVERAGE POROSITY             .20FRACTION
AVERAGE WATER SATURATION      .07 FRACTION
```



WELL IDENTIFICATION

CIA ECUADOR INC. - NAPO M1 - GINTA 1

TOP	BOT	POR	SWA	SWR	MOI	SWS	SW3	SW2	Q	CP	RW	SAL	HYI	BVF
7664.0	7674.0	0.15	0.13	0.08	0.90	0.14	0.05	0.03	0.34	1.00	0.00	10428.828	1.00	0.019
7674.0	7684.0	0.19	0.05	0.02	0.91	0.06	0.01	0.06	0.01	1.00	0.00	10428.828	1.00	0.009
7684.0	7694.0	0.22	0.08	0.04	0.87	0.09	0.05	0.09	0.02	1.00	0.00	10428.828	1.00	0.017
7694.0	7704.0	0.18	0.07	0.04	0.94	0.09	0.04	0.09	0.18	1.00	0.00	10428.828	1.00	0.013

NET PAY THICKNESS 30 FT

AVERAGE POROSITY .1966667 FRACTION

AVERAGE WATER SATURATION 6.560954E-02 FRACTION

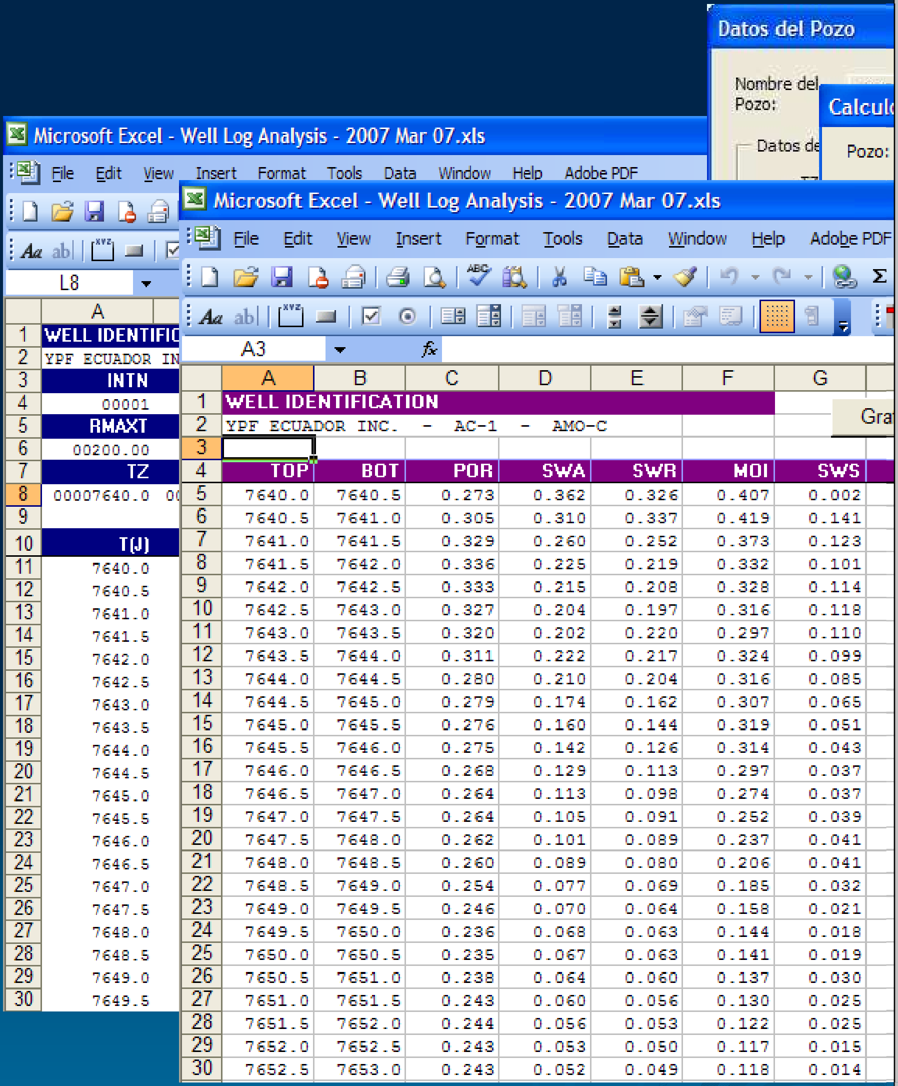
Características Principales

- La entrada de datos fue modificada para que lea directamente la información desde los archivos Excel obtenidos anteriormente
- Los parámetros del pozo se muestran para la confirmación o modificación por el usuario
- Las opciones de ejecución del programa pueden ser seleccionadas por el usuario
- Se han implementado controles adicionales para validar la consistencia de los datos ingresados

Características Principales

- De presentarse inconsistencias éstas se informan mediante mensajes interactivos
- Se amplió el rango de análisis de 100 a 1000 subintervalos.
- Ahora los resultados se presentan en una hoja Excel, facilitando su almacenamiento ó impresión
- Se han incorporado funciones de graficación instantánea de resultados

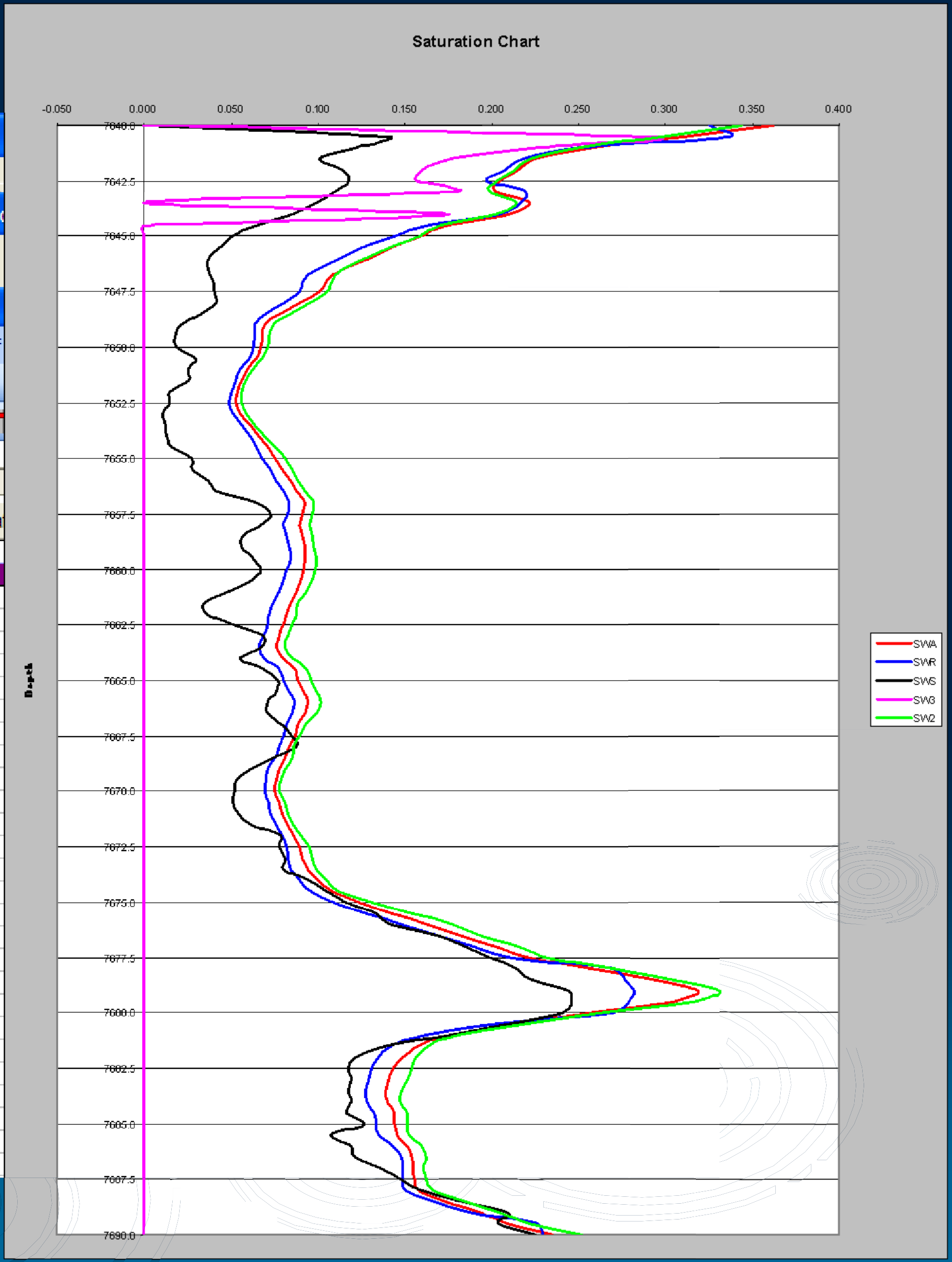
Ejemplo



WELL IDENTIFICATION

YPF ECUADOR INC. - AC-1 - AMO-C

TOP	BOT	POR	SWA	SWR	MOI	SWS
7640.0	7640.5	0.273	0.362	0.326	0.407	0.002
7640.5	7641.0	0.305	0.310	0.337	0.419	0.141
7641.0	7641.5	0.329	0.260	0.252	0.373	0.123
7641.5	7642.0	0.336	0.225	0.219	0.332	0.101
7642.0	7642.5	0.333	0.215	0.208	0.328	0.114
7642.5	7643.0	0.327	0.204	0.197	0.316	0.118
7643.0	7643.5	0.320	0.202	0.220	0.297	0.110
7643.5	7644.0	0.311	0.222	0.217	0.324	0.099
7644.0	7644.5	0.280	0.210	0.204	0.316	0.085
7644.5	7645.0	0.279	0.174	0.162	0.307	0.065
7645.0	7645.5	0.276	0.160	0.144	0.319	0.051
7645.5	7646.0	0.275	0.142	0.126	0.314	0.043
7646.0	7646.5	0.268	0.129	0.113	0.297	0.037
7646.5	7647.0	0.264	0.113	0.098	0.274	0.037
7647.0	7647.5	0.264	0.105	0.091	0.252	0.039
7647.5	7648.0	0.262	0.101	0.089	0.237	0.041
7648.0	7648.5	0.260	0.089	0.080	0.206	0.041
7648.5	7649.0	0.254	0.077	0.069	0.185	0.032
7649.0	7649.5	0.246	0.070	0.064	0.158	0.021
7649.5	7650.0	0.236	0.068	0.063	0.144	0.018
7650.0	7650.5	0.235	0.067	0.063	0.141	0.019
7650.5	7651.0	0.238	0.064	0.060	0.137	0.030
7651.0	7651.5	0.243	0.060	0.056	0.130	0.025
7651.5	7652.0	0.244	0.056	0.053	0.122	0.025
7652.0	7652.5	0.243	0.053	0.050	0.117	0.015
7652.5	7653.0	0.243	0.052	0.049	0.118	0.014



DEMOSTRACION

Conclusiones

- El Sistema desarrollado determina la presencia de hidrocarburos y el tipo de roca en una zona utilizando varios métodos.
- Está codificado en lenguaje VBA sobre Excel en una plataforma Windows
- Los datos generados en Excel facilitan su uso para cualquier otro tipo de análisis
- El sistema grafica y/o imprime al instante los perfiles procesados

Conclusiones

- Se facilita la portabilidad del Sistema a cualquier computador personal
- No se requieren equipos de gran capacidad o con sistemas complejos o caros
- No implica un pago de licencias adicionales por uso de software
- La forma de buscar y grabar los archivos de datos es similar a la que está acostumbrada cualquier persona al usar un PC

Recomendaciones

- Que las Autoridades gubernamentales autoricen a las compañías petroleras que permitan a las universidades hacer uso de la información de sus pozos de petróleo
- Que la ESPOL ponga más énfasis en el conocimiento y desarrollo de sistemas computacionales aplicados a la industria
- Que los programas desarrollados constituyan un paso inicial para estudios de diferente índole en la evaluación de formaciones
- Que se utilice esta tesis para continuar con el análisis adicional de los otros perfiles o curvas
- Que este Sistema Computacional sea utilizado como herramienta académica