

PROPUESTA DE PROGRAMAS DE LA ASIGNATURA “SISMOESTRATIGRAFÍA” DE LA CARRERA DE INGENIERÍA GEOFÍSICA

Hilda E. Amador Longoria⁽¹⁾, Guillermo Miró Pagés⁽²⁾

(1) Centro de Investigaciones del Petróleo, UCTB Geofísica, Calle 23 #105 e/ O y P, CP 10400, La Habana, Cuba, Email: amador @digi.cupet.cu

(2) ISPJAE, Facultad de Ingeniería Civil, Dpto. Geociencias, Calle 124 s/n ZP Marianao 15, La Habana, Cuba, Email: miro@civil.cujae.edu.cu

RESUMEN

El plan de la carrera de Ingeniería Geofísica que se imparte en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría contempla que la asignatura “Sismoestratigrafía” se curse como Optativa VI en el segundo semestre de cuarto año, no obstante no existe un programa analítico para ella que tenga en consideración los conocimientos básicos necesarios para la exploración de hidrocarburos en Cuba. Para la elaboración del trabajo se consultó abundante literatura sobre la temática, así como programas analíticos de las asignaturas relacionadas impartidas en la carrera (“Métodos Sísmicos”, “Métodos Sísmicos para Prospección y Exploración de Hidrocarburos”, “Geología Física I y II”, “Estratigrafía” (Optativa III) y “Geología del Petróleo”, que contribuyen a la preparación que los cursantes deben adquirir antes de acometer el aprendizaje de “Sismoestratigrafía”. Por la estrecha relación que guarda el análisis sismoestratigráfico con la Estratigrafía Secuencial, se consideró útil proponer dos variantes posibles para el desarrollo de la asignatura analizada en dependencia de que los conceptos básicos de Estratigrafía Secuencial hayan sido abordados (Variante I) o no (Variante II) precedentemente. La segunda variante difiere de la primera en que introduce conceptos básicos necesarios de Estratigrafía Secuencial.

Para cada variante fue preparado un programa analítico en el formato empleado por el Departamento de Geociencias del Instituto que contempla: Objetivos educativos, Objetivos Instructivos, Conocimientos Básicos a Adquirir, Habilidades Básicas a Dominar, Bibliografía Recomendada incluyendo el estudio de casos y la ejercitación. En el trabajo se proponen las necesidades mínimas de *hardware* y *software* a cubrir para la ejercitación adecuada de los estudiantes.

ABSTRACT

The plan of the Geophysical Engineering career imparted at the Superior Polytechnic Institute “José Antonio Echevarría” contemplates the subject “Sismoestratigrafía” as Optional VI on fourth year, second semester, nevertheless, up to the date the mentioned subject doesn't have an analytic program which must consider basic necessary knowledge needed for hydrocarbon exploration in Cuba. For the elaboration of this paper was consulted abundant literature on the thematic, as well as analytic programs of related subjects imparted at the career that contribute to prepare students in aspects that they should acquire before attacking the learning of “Sismoestratigrafía”: “Seismic Methods”, “Seismic Methods in Hydrocarbon Prospecting and Exploration”, “Physical Geology I and II”, “Stratigraphy” (Optional III) and “Petroleum Geology”. Because of the narrow relationship between seismostratigraphic concepts and Sequential Stratigraphy, it was considered convenient to propose two possible variants for the development of the subject analyzed in dependence that the basic concepts of Sequential Stratigraphy have been precedently approached (Varying I) or not (Variant II). The second variant differs from the first one in the introduction of basic necessary concepts about Sequential Stratigraphy.

For each variant an analytic program was prepared in the format used by the Department of Geociencias of the Institute which contemplates: Educational Objectives, Instructive Objectives, Basic Knowledge to Acquire, Basic Abilities to Dominate, Recommended Bibliography including the cases studies and the practical exercises.

In this paper, the authors include minimum hardware and software facilities needed for appropriate training of students.

INTRODUCCIÓN

La sismoestratigrafía se ha convertido en una disciplina de trabajo que integra totalmente las interpretaciones geológicas y geofísicas en la exploración, de manera que la aplicación del enfoque sismoestratigráfico resulta una necesidad más que una aproximación académica y se hace imprescindible que los futuros interpretadores sismogeológicos en esa rama de la exploración cuenten con una preparación básica en esas técnicas.

Con la participación de compañías extranjeras en Cuba para la exploración de petróleo y gas se ha introducido el uso de la sismoestratigrafía en Cuba, y para preparar a su personal de exploración de hidrocarburos, CUBAPETROLEO ha contratado especialistas extranjeros para impartir cursos de postgrado de esa materia. Con la reapertura de la carrera de ingeniería Geofísica en el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría”, se hace necesario introducir la impartición de los conocimientos básicos sobre las técnicas empleadas por la sismoestratigrafía a los estudiantes de pregrado y por esa razón el plan del proceso docente de la carrera mencionada contempla que la asignatura “Sismoestratigrafía” se curse como Optativa VI en el segundo semestre de cuarto año con 48 horas de clases y dos horas de seminarios, sin embargo aún no cuenta con un programa analítico por lo que se hace necesario confeccionarlo, este plan debe tener en consideración la preparación que los cursantes deben haber adquirido en asignaturas que le preceden en semestres anteriores y que deben aportar la base a partir de la cual será desarrollado el contenido de la asignatura analizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los autores de este trabajo consultaron literatura sobre la temática: libros de texto, Memorias y Atlas de la AAPG y cursos preparados en formato de presentaciones PPT así como los programas analíticos de las asignaturas precedentes en el Plan de Estudios: “Métodos Sísmicos”, “Métodos Sísmicos para Prospección y Exploración de Hidrocarburos”, “Geología Física I y II”, “Estratigrafía” (Optativa III) y “Geología del Petróleo”, en los últimos analizaron detalladamente los contenidos a fin de establecer los conocimientos básicos que los estudiantes han adquirido antes de abordar el estudio de la asignatura “Sismoestratigrafía”.

DISCUSIÓN

Para impartir la asignatura debe emplearse una plataforma activa de aprendizaje, que incluye el uso de casos, conferencias interactivas, prácticas, defensa de informes. Las 50 horas lectivas y de trabajo independiente deben ser repartidas en conferencias, clases prácticas y seminarios, estas dos últimas modalidades deben servir como ejercicios en los que el alumnado pueda comprender la necesidad y posibilidades del empleo de estas técnicas de interpretación geológica de los datos sísmicos. Para el estudio de casos pueden utilizarse ejemplos de aplicación de interpretación sismoestratigráfica en el mundo y en Cuba de los que existen suficientes como para satisfacer las necesidades del curso, escogidos convenientemente para no violar los derechos de propiedad ni los niveles de acceso requeridos.

Es necesario que los estudiantes tengan acceso a un sistema de programas de computación (*software*) moderno con la requerida potencia para poder ejercitar la correlación de las discordancias como horizontes sísmicos y realizar el análisis de las sismofacies, por ejemplo, Geoframe y Petrel, de Schlumberger, en consecuencia se necesita la información primaria en formato digital: Sísmica 3D (cubo sísmico), líneas sísmicas 2D, sísmica de pozos, etc.), esto implica también que se cuente con los requerimientos de máquina (*hardware*) mínimos necesarios para que estos *softwares* funcionen correctamente, generalmente:

Procesador Intel o AMD 1,5 GHz

Memoria Interna 1 GB RAM (2 GB RAM Windows XP 64-bit)

Tarjeta Gráfica Tarjeta compatible 64 MB OpenGL
Sistema Operativo Microsoft Windows XP Professional (32-bit and 64-bit), Windows 2000 SP4
Espacio en disco Mínimo 1GB espacio libre en el disco para su instalación

Por la estrecha relación que guarda el análisis sismoestratigráfico con la Estratigrafía Secuencial, los autores consideraron útil proponer dos variantes posibles para el desarrollo de la asignatura en dependencia de que conceptos básicos de Estratigrafía Secuencial hayan sido abordados (Variante I) o no (Variante II) dentro de la asignatura Estratigrafía.

Tabla I. Variante I para los contenidos del Programa Analítico de Sismoestratigrafía

Unidad		Horas lectivas		
No.	Nombre	Teóricas	Prácticas	Total
1	Correlación de las sismosecuencias en perfiles sísmicos.	8	10	18
2	Análisis de las sismofacies	8	10	18
3	Identificar objetivos y/o prospectos para la exploración petrolera	4	6	10
4	Evaluación	0	4	4
Total		20	30	50

Tabla II. Variante II para los contenidos del Programa Analítico de Sismoestratigrafía

Unidad		Horas lectivas		
No.	Nombre	Teóricas	Prácticas	Total
1	Conocimientos básicos sobre estratigrafía secuencial	6	0	6
2	Correlación de las sismosecuencias en perfiles sísmicos.	6	10	16
3	Análisis de las sismofacies	4	10	14
4	Identificar objetivos y/o prospectos para la exploración petrolera	4	6	10
5	Evaluación	20	4	4
Total		20	30	50

a) Programa analítico propuesto para la Variante I

Asignatura: Sismoestratigrafía

1 Objetivos Educativos

1. Desarrollar en los estudiantes el espíritu de trabajo colectivo e interdisciplinario para la ejecución de una investigación.
2. Desarrollar el amor a la profesión, incentivando en los estudiantes capacidades para el trabajo independiente, una permanente auto superación, responsabilidad profesional, inquietudes investigativas, así como la originalidad y el ingenio creativo.
3. Propiciar que los estudiantes conformen un sistema de conocimientos, habilidades y hábitos de carácter teórico y práctico y la capacidad de aplicar los mismos de manera independiente, con los que se puedan resolver problemas concretos de la especialidad.

2 Objetivos Instructivos

1. Familiarizar al alumno con los principios básicos del análisis sismoestratigráfico en la interpretación geológica de datos sísmicos.
2. Desarrollar habilidades que permitan a los alumnos aplicar las técnicas de interpretación sismoestratigráfica en datos sísmicos 2D y 3D.
3. Desarrollar habilidades que permitan a los alumnos el empleo de softwares sencillos de interpretación sismoestratigráfica.

3 Conocimientos básicos a adquirir

Objetivos de la Sismoestratigrafía y tareas que resuelve. Elementos históricos y papel de la Sismoestratigrafía moderna. Fundamentos físicos y geológicos de la Sismoestratigrafía. Reflexiones sísmicas y líneas de tiempo geológico. Procedimientos de la interpretación sismoestratigráfica. Análisis geométrico y facial de secuencias deposicionales empleando datos sísmicos. Análisis del relleno de cuencas empleando datos sísmicos.. Secuencias deposicionales en registros sísmicos y de pozo. Formas de configuración externas e internas de reflexiones dentro de una secuencia deposicional. Perfiles sísmicos de alta resolución. Identificación de prospectos y objetivos para la exploración petrolera. Estudio de Casos de análisis sismoestratigráfico en sistemas de *rift*, márgenes pasivos, márgenes activos, cuencas de antepaís, depósitos marinos profundos.

4 Habilidades básicas a dominar

- Seleccionar técnicas de interpretación sismoestratigráfica adecuadas para confeccionar el modelo geológico estático de la región explorada para hidrocarburos.
- Manejar en forma elemental un software que permita realizar interpretación sismoestratigráfica.

5 Bibliografía

Textos Básicos

- Bally A. W. (Ed.). 1987. Seismic Stratigraphy Interpretation using Sequence Stratigraphy. En AAPG Atlas of Seismic Stratigraphy: Volume 1.
- Berg O. R. y D. G. Woolverton (Ed.). 1985. Seismic Stratigraphy II: An integrated approach to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 39. Tulsa, Oklahoma: 596 p.
- Payton C. E. (Ed).1977. Seismic Stratigraphy applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 26. Tulsa, Oklahoma: 510 p.

Textos Complementarios

- Bally A. W. (Ed.). 1988. Seismic Stratigraphy Interpretation using Sequence Stratigraphy. En AAPG Atlas of Seismic Stratigraphy: Volume 2.
- Bally A. W. (Ed.). 1989. Seismic Stratigraphy Interpretation using Sequence Stratigraphy. En AAPG Atlas of Seismic Stratigraphy: Volume 3.
- Brown A. 2004. Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data. 6a ed. AAPG Memoir 42. SEG Investigations in Geophysics No. 9. Tulsa, Oklahoma: 541 p.
- Cobiella J. 2005. Curso de Estratigrafía Secuencial, Departamento de Geología, Universidad de Pinar del Río. Presentación PPT. Pinar del Río: 58 diapositivas.
- Fernández J. 2005. Eustatismo y cambios del nivel de base. Aproximación a la Estratigrafía Secuencial. Presentación PPT. CEINPET. La Habana: 39 Diapositivas.
- Sheriff, R.E., L. P. Geldart. 1995. Exploration Seismology. 2a ed. New York: Cambridge University Press: 592 p.

6 Indicaciones metodológicas y de organización

Esta asignatura se impartirá a través de conferencias, clases prácticas y seminarios, para lo cual se necesitan diferentes materiales que garanticen el desarrollo eficiente de la misma como cubos sísmicos, sismogramas, registros sísmicos de pozos, etc.

Esta asignatura debe ser ejercitada por los alumnos mediante la realización de clases prácticas, en las que sean creadas las habilidades requeridas a fin de que el alumnado pueda comprender la necesidad y posibilidades del empleo del enfoque sismoestratigráfico.

En el desarrollo de la asignatura se le orientará al estudiante la revisión de algunos artículos actualizados en idioma inglés que aparecen en diferentes revistas científicas.

El estudiante empleará las horas no presenciales en la preparación de las distintas actividades de la asignatura, así como en el desarrollo de tareas extraclase.

b) Programa analítico propuesto para la Variante II

Asignatura: Sismoestratigrafía

1 Objetivos Educativos

Los mismos que para la Variante I

2 Objetivos Instructivos

1. Familiarizar al alumno con los principios básicos de la Estratigrafía Secuencial en la interpretación geológica.
2. Familiarizar al alumno con los principios básicos del análisis sismoestratigráfico en la interpretación geológica de datos sísmicos.
3. Desarrollar habilidades que permitan a los alumnos aplicar las técnicas de interpretación sismoestratigráfica en datos sísmicos 2D y 3D.
4. Desarrollar habilidades que permitan a los alumnos el empleo de softwares sencillos de interpretación sismoestratigráfica.

3 Conocimientos básicos a adquirir

Objetivos de la Estratigrafía Secuencial y tareas que resuelve. Conceptos fundamentales en la Estratigrafía Secuencial. Análisis geométrico y facial de secuencias deposicionales mediante la Estratigrafía Secuencial, límites de secuencia, cortejos sedimentarios. Análisis del relleno de cuencas mediante la Estratigrafía Secuencial. Objetivos de la Sismoestratigrafía y tareas que resuelve. Elementos históricos y papel de la Sismoestratigrafía moderna. Fundamentos físicos y geológicos de la Sismoestratigrafía. Reflexiones sísmicas y líneas de tiempo geológico. Procedimientos de la interpretación sismoestratigráfica Análisis geométrico y facial de secuencias deposicionales empleando datos sísmicos. Análisis del relleno de cuencas empleando datos sísmicos. Secuencias deposicionales en registros sísmicos y de pozo. Formas externas e internas de configuración de reflexiones dentro de una secuencia deposicional. Perfiles sísmicos de alta resolución. Identificación de prospectos y objetivos para la exploración petrolera. Estudio de Casos de análisis sismoestratigráfico en sistemas de *rift*, márgenes pasivos, márgenes activos, cuencas de antepaís, depósitos marinos profundos.

4 Habilidades básicas a dominar

- Identificar de manera básica las posibles secuencias deposicionales y cortejos sedimentarios en una región explorada para hidrocarburos
- Seleccionar técnicas de interpretación sísmoestratigráfica adecuadas para confeccionar el modelo geológico estático de la región explorada para hidrocarburos.
- Manejar en forma elemental un software que permita realizar interpretación sísmoestratigráfica.

Los aspectos **5 Bibliografía** y **6 Indicaciones metodológicas y de organización** son iguales a los descritos para la Variante I

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el desarrollo actual del estado del arte de la exploración petrolera se hace imprescindible incluir la asignatura sísmoestratigrafía en el nivel de pregrado porque permite integrar y relacionar conocimientos básicos con otras asignaturas del plan de estudios de la carrera Ingeniería Geofísica lo cual puede complementarse con la formación de postgrado.

Se debe establecer una estrecha coordinación con las asignaturas precedentes para poder identificar los temas que hay abordar dentro de la asignatura Sísmoestratigrafía y con qué grado de profundidad.

La Variante I permite más horas para los contenidos propios de Sísmoestratigrafía, el Estudio de Casos y la ejercitación, siendo la recomendada por los autores.

BIBLIOGRAFÍA

- Bally A. W. (Ed.). 1984. Seismic Stratigraphy Interpretation using Sequence Stratigraphy. En AAPG Atlas of Seismic Stratigraphy: Volume 1.
- Berg O. R. y D. G. Woolverton (Ed.). 1985. Seismic Stratigraphy II: An integrated approach to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 39: 596 p.
- Cobiella J. 2005. Curso de Estratigrafía Secuencial, Departamento de Geología, Universidad de Pinar del Río. Presentación PPT. Pinar del Río: 58 diapositivas.
- Colectivo de autores. 2011. Programas analíticos de las asignaturas "Métodos Sísmicos", "Métodos Sísmicos para Prospección y Exploración de Hidrocarburos", "Geología Física I y II", "Estratigrafía" y Geología del Petróleo" de la carrera de Ingeniería Geofísica. Departamento de Geociencias, ISPJAE. La Habana: 10 p.
- Colectivo de autores. 2010. Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Geofísica. Departamento de Geociencias, ISPJAE. La Habana: 5 p.
- Fernández J. 2005. Eustatismo y cambios del nivel de base. Aproximación a la Estratigrafía Secuencial. Presentación PPT. CEINPET. La Habana: 39 Diapositivas.
- Socorro Trujillo R., H. Amador. 2009. Interpretación sísmica usando el Análisis Secuencial. Curso de postgrado para Geólogos y Geofísicos de Exploración de Hidrocarburos. Presentación PPT. CPP. La Habana: 183 diapositivas.
- Payton C. E. (Ed). 1977. Seismic Stratigraphy applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 26. Tulsa, Oklahoma: 510 p.