



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA  
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CONSTRUCCIÓN Y USO DE UN TELESCOPIO  
NEWTONIANO: GUÍA DIDÁCTICA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN  
MEDIA SUPERIOR (FÍSICA)

P R E S E N T A

**ISAURO FIGUEROA RODRÍGUEZ**

DIRECTORA DE TESIS:  
**M. EN C. JULIETA NORMA FIERRO GOSSMAN**

**MÉXICO, D. F.**

**AGOSTO, 2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres,  
por su apoyo y cariño.

A ella,  
por su comprensión y paciencia.

A Fernando y Armando,  
que le dan sentido a mi vida.

A María del Carmen y José Eduardo,  
por confirmar que el arte de enseñar tiene un producto maravilloso.

## Agradecimientos

Expreso mi reconocimiento a la M. en C. Julieta Fierro Gossman por su excelente paciencia y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Mi gratitud a Emilio Jesús Flores Llamas por haber revisado minuciosamente el texto y una vez más, a Rodrigo Hernández que llevó a cabo el trabajo fotográfico.

Asimismo, agradezco la destacada colaboración y profesionalismo a la Dra. Beatriz Elizabeth Fuentes Madariaga, a la Dra. Benilde García Cabrero, a la Dra. María del Pilar Segarra Alberu y al Ing. José de la Herrán Villagómez por todas sus sugerencias que han sido muy valiosas.

Por último, a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM ya que través del Programa de Apoyo para la Superación del Personal Académico (PASPA) han sido posibles los estudios y elaboración de tesis de Maestría.

# Índice

	Página
Prólogo .....	1
Capítulo I Fundamentación teórica .....	5
I.1. Introducción .....	5
I.2. Planteamiento del problema .....	8
I.3. Metodología del trabajo en el aula .....	8
I.4. Objetivos de la propuesta .....	10
I.5. Hipótesis de trabajo .....	10
Capítulo II Telescopio óptico .....	11
II.1. Desarrollo histórico .....	11
II.1.1. Telescopio galileano .....	11
II.1.2. Telescopio newtoniano .....	18
II.2. Funcionamiento básico del telescopio .....	21
II.2.1. Telescopio refractor .....	21
II.2.2. Telescopio reflector .....	28
Capítulo III Manual de construcción de un telescopio newtoniano .....	36
III.1. Espejo principal .....	36
III.1.1. Material para la construcción del espejo .....	37
III.1.2. Movimientos para el esmerilado y el pulido .....	40
III.1.3. El esmerilado .....	44
III.1.4. El pulido .....	55
III.1.5. La brea .....	57
III.1.6. El pulido final .....	64
III.1.7. Prueba de Ronchi .....	65
III.1.8 Aluminizado .....	72
III.2. Espejo secundario .....	74

III.2.1. Material para la construcción del espejo .....	75
III.2.2. Tamaño y forma del espejo .....	76
III.2.3. Prueba de planicidad .....	80
III.2.4. Trazo de la elipse .....	82
III.2.5. Esmerilado del contorno del espejo .....	84
III.2.6. Aluminizado .....	84
III.3. Accesorios .....	84
III.3.1. Celda del espejo principal .....	85
III.3.2. Portadiagonal .....	88
III.3.3. Buscador .....	89
III.3.4. Portaocular .....	90
III.3.5. Ocular .....	91
III.3.6. Tapas para proteger las partes ópticas .....	93
III.4. El tubo del telescopio .....	94
III.4.1. Corte del tubo .....	94
III.4.2. Perforaciones en el tubo .....	95
III.4.3. Pintura del tubo .....	104
III.5. Montura dobsoniana .....	104
III.5.1. Material para la montura .....	105
III.5.2. Partes de la montura .....	106
III.5.3. Ensamble de la montura .....	107
III.5.4. Acabado de la montura .....	111
III.6. Montaje de las partes ópticas .....	111
III.6.1 Tapas de la montura .....	112
III.6.2. Portaocular .....	112
III.6.3. Espejo secundario .....	113
III.6.4. Buscador .....	113
III.6.5. Espejo principal .....	114
III.6.6. Colimación del sistema óptico .....	115
III.6.7. Tapa inferior y contrapeso .....	118
III.6.8. Alineación del buscador .....	121

III.6.9. Tapa superior .....	122
Capítulo IV  Secuencias didácticas para usar un telescopio .....	123
IV.1. Metodología del trabajo en el aula .....	123
IV.2. Características de la materia .....	124
IV.3. Secuencias didácticas .....	126
IV.3.1. Contexto histórico .....	127
IV.3.2. Funcionamiento básico del telescopio .....	130
IV.3.3. La eclíptica .....	133
IV.3.4. Prototipo de sistema solar .....	136
IV.3.5. Los planetas que presentan fases .....	139
IV.3.6. La primera observación: la Luna .....	142
IV.3.7. La segunda vez: los planetas .....	144
IV.3.8. Con protección: el Sol .....	148
Capítulo V  Evaluación de la enseñanza y el aprendizaje .....	150
V.1. Evaluación del aprendizaje .....	150
V.1.1. Evaluación diagnóstica .....	151
V.1.2. Evaluación formativa .....	153
V.1.3. Evaluación sumativa .....	155
V.2. Evaluación de la enseñanza .....	161
V.2.1. Por parte de los alumnos .....	162
V.2.2. Del supervisor .....	164
V.2.3. Del par .....	165
V.2.4. Autoevaluación del profesor .....	167
V.3. Resultados de la enseñanza y el aprendizaje .....	167
V.3.1. Aprendizaje de los alumnos .....	168
V.3.2. Enseñanza del profesor .....	177
Conclusiones .....	184

## Referencias

Bibliográficas .....	187
Revistas de consulta .....	190
Software didáctico .....	191
Ciberfuentes .....	191
Observatorio Astronómico Nacional .....	192
Planetarios .....	192
Museos .....	194
Agrupaciones Astronómicas en el D.F. ....	194

## Anexos

A. Lugares para adquirir los materiales .....	196
B. Construcción del ronchímetro .....	197
C. Cálculo de la profundidad del esmerilado .....	209
D. Plan de clases .....	210
E. Práctica de laboratorio .....	218



# Prólogo

El propósito principal de este trabajo es mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía a nivel bachillerato, mediante una guía y estrategias didácticas de construcción y uso de un telescopio newtoniano.

La guía consta de una serie de estrategias didácticas para apoyar un aprendizaje significativo, el alumno conocerá una reseña histórica del telescopio óptico, comprenderá su funcionamiento, construirá su propio telescopio y lo utilizará para realizar observaciones del sistema solar que lo integren con el universo que lo rodea.

En esta propuesta, se pretende mostrar una manera diferente de enseñar, una enseñanza más crítica y reflexiva. Por ejemplo, para diseñar un curso, se parte de los conocimientos previos de los alumnos, esto nos orienta sobre la profundidad del contenido, estrategias y materiales didácticos que se necesitan usar en la práctica docente, también nos permite seleccionar instrumentos para evaluar el aprendizaje y con ello lograr una mejor estructura lógica de la enseñanza de la disciplina.

La propuesta está dirigida: en primer lugar a los profesores en activo y futuros profesores con el ánimo de que les resulte interesante y útil en el desarrollo de su práctica docente; en segundo lugar, a los alumnos con el fin de que la astronomía les resulte más atractiva y logren un aprendizaje significativo sobre la misma, y se convierta en una invitación a integrarse a grupos científicos o inclinarse por el estudio de una carrera del área de las ciencias naturales.

La investigación que se llevó a cabo en esta propuesta, arroja como primer resultado que tanto la construcción como el uso de un telescopio newtoniano de formato pequeño ofrece oportunidades educativas espléndidas. Como se menciona antes, esta tesis será de utilidad para profesores y alumnos, por lo que se pretende publicar -como un producto de esta tesis- el manual de construcción del telescopio.

Esto se debe a que la mayoría de los libros de construcción de telescopios no abordan el tema de su construcción. Quedan ocultos muchos detalles “finos” que ocasionan que un aficionado simplemente abandone dicha obra y termine frustrado. Sin olvidar mencionar que los libros de astronomía existentes especializados en el tema se encuentran en inglés, y por último los que están en español, son muy costosos. Hace falta un libro a nivel bachillerato que los guíe por este camino, para que no sientan temor al caminar por el sendero de la curiosidad y la creatividad.

Además, la astronomía es una materia rica en experimentos que permite el mayor entendimiento de la teoría, por eso se proponen algunas actividades didácticas teórico-experimentales, para que la clase pueda llevarse a cabo como un taller de astronomía, donde los alumnos elaboran sus materiales didácticos. Si hay talleres y los jóvenes construyen, aprenden más y mejor. Usar las manos es parte del desarrollo psicomotriz de las personas y les permitirá desarrollarse mejor como individuos plenos.

Este material se ha probado con 38 alumnos de 6° año del plantel 5 “José Vasconcelos” de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), durante el curso de astronomía en los ciclos escolares 2004-2005 y 2005-2006. La propuesta se llevó a cabo en los cursos de Práctica Docente (PD I, PD II y PD III) de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), por lo que la compilación de los resultados fue a lo largo de tres semestres.

Por último, es necesario aclarar que esta propuesta didáctica, se puede utilizar principalmente en las unidades I (Historia de la astronomía y principios básicos) y II (El sistema solar) del programa oficial de astronomía de la ENP. Sin embargo, por la importancia que tiene la observación astronómica a través de un telescopio resulta que su uso, también es importante en el resto del programa.

Esta tesis, está estructurada en cinco capítulos. El capítulo I, es la justificación del trabajo; los capítulos II y III, muestran el camino al profesor de qué enseñar; el capítulo IV, orienta al profesor cómo enseñar y el capítulo V, nos muestra qué y cómo evaluar el proceso de la

enseñanza y el aprendizaje. En el capítulo I *Fundamentación teórica*, se presentan las bases teóricas del trabajo de tesis: planteamiento del problema que se aborda, metodología del trabajo en el aula, objetivos de la propuesta y la hipótesis de trabajo.

En el capítulo II *Telescopio óptico*, se da una breve exposición del desarrollo histórico del telescopio, a partir de Galileo hasta Newton. Se incluye el funcionamiento básico de un telescopio de refracción (galileano) y uno de reflexión (newtoniano). Este último es el que nos interesa desarrollar en la guía didáctica.

En el capítulo III *Manual de construcción de un telescopio newtoniano*, se describe paso a paso la construcción de un telescopio, así como los materiales que se necesitan en todo el proceso: empezando por el esmerilado y pulido del espejo principal. Se diseñan el espejo secundario y las partes ópticas (porta-diagonal, celda del espejo principal, etc.). Se presenta también, la forma de cortar y perforar el tubo del telescopio, así como el montaje de las partes ópticas. Para terminar este capítulo, se incluye el diseño y forma de armar la montura dobsoniana.

Esta parte, considero que es innovadora y única en su género, porque es difícil encontrar un libro de construcción de telescopios que en realidad diga cómo se construye un telescopio.

En el capítulo IV *Secuencias didácticas para usar un telescopio*, constituye una parte importante de la tesis, es el diseño de estrategias didácticas para comprender la observación del cielo –astros que recorren la eclíptica: el Sol, la Luna y los planetas (los que son fáciles de localizar a simple vista)-, gran parte de los materiales didácticos que se emplean en estas estrategias didácticas, son de diseño propio.

Los materiales que estoy proponiendo en el trabajo de tesis son: prototipo de sistema solar (es un sistema donde los planetas se pueden mover manualmente, y de esta manera conocer la ubicación que tienen cada uno de ellos en tiempo real), plano de la eclíptica, planetas que presentan fases, constelaciones de bolsillo, astrolabio direccional, etc.

En el capítulo V *Evaluación de la enseñanza y el aprendizaje*, se proporcionan resultados del aprendizaje que lograron los alumnos con la aplicación de esta guía didáctica. La evaluación del aprendizaje de los alumnos se basa en la propuesta que hace Estévez (2004), tienen que ver con un enfoque que considera la evaluación como una actividad plenamente integrada al diseño curricular, la enseñanza y el aprendizaje. El tipo de evaluación que aquí se presenta reconoce tres tipos de evaluación: diagnóstica, formativa y sumativa. También se incluye la evaluación de la enseñanza del profesor considerando la propuesta de Nieto Gil (2001); con lo que se pretende obtener información sobre la enseñanza que los profesores planificamos y desarrollamos con los alumnos.

# Capítulo I      Fundamentación teórica

En este capítulo se presentan las bases teóricas del trabajo de tesis, se plantea el problema que motivó la elaboración de esta propuesta didáctica, así como la metodología que se llevó a cabo durante el trabajo en el aula.

También se incluyen los objetivos que explican las razones del planteamiento del problema en la enseñanza del bachillerato en la ENP, y por último se presenta la hipótesis de trabajo desde la cual se aborda el problema.

## I.1. Introducción

Hoy en día, los profesores estamos interesados en enseñar a nuestros alumnos a desarrollar ricas interpretaciones con un contenido importante, a pensar críticamente, a construir y resolver problemas, a sintetizar la información, a inventar, a crear, a expresarse de forma competente, y a finalizar sus estudios preparados para ser ciudadanos responsables y personas que seguirán aprendiendo a lo largo de la vida (Putnam y Borko, 2000).

En este sentido, el curso de astronomía ofrece una amplia gama de opciones para su impartición, para que los alumnos aprendan a aprender, además de contar con el apoyo de las asignaturas de física y matemáticas que los alumnos cursan en forma simultánea. La astronomía es una aplicación de la física a fenómenos espaciales, por lo que presenta, en realidad un carácter teórico-práctico que fomenta la capacidad crítica, creativa y de razonamiento del alumno.

A partir de 1999 he impartido cursos de astronomía a profesores y alumnos; a través de todos estos años, he recolectado información sobre la utilización de los materiales didácticos, en particular sobre el telescopio newtoniano con que cuenta la ENP, en sus 9 planteles.

Es triste pero cierto, que en muchos planteles no se usan los materiales didácticos, y la justificación es inmediata, no es por falta de interés del profesor, simplemente desconoce cómo usarlo. Estos telescopios newtonianos, se hicieron bajo mi supervisión gracias a un proyecto PAPIME –La enseñanza de la astronomía en el bachillerato: una estrategia de aprendizaje de las ciencias-, en un taller que se instaló en el plantel 6 “Antonio Caso” de la ENP, y hasta la fecha continúa abierto a todos los universitarios interesados en construir su propio telescopio.

En ese momento, no nos dimos cuenta que era necesario elaborar un manual o guía didáctica, para que los profesores usaran el telescopio en sus clases. Hoy reconocemos, que no sólo es necesario saber usar un telescopio, sino que es fundamental una guía didáctica con estrategias que le indiquen al profesor: qué, cuándo y cómo observar con este telescopio de formato pequeño. Y desde luego, le debe quedar claro el funcionamiento del mismo.

Otra solicitud que siempre ha surgido, tanto de profesores como de alumnos: es la de construir su propio telescopio. Desafortunadamente, no todos pueden asistir al taller de construcción de telescopios al plantel 6, por muchos motivos, uno de ellos es que este plantel les queda muy lejos y para el caso de alumnos de facultad tienen bastante carga académica. A todos estos universitarios –y aficionados- hay que decirles cómo construir un telescopio.

Por esto, estamos seguros, que esta tesis no sólo es útil para los alumnos de la ENP sino también para los grupos de aficionados a la astronomía. En México un sector importante de la población solamente puede asistir a la educación no formal y el proceso de la construcción de un telescopio permite acrecentar la cultura de la población.

El tránsito por la ENP involucra mucho más que las materias formales. Es una etapa crucial donde los estudiantes refuerzan sus vínculos con la sociedad. Llevar a cabo una observación astronómica implica un esfuerzo de organización, de conocer la bóveda celeste, buscar en la red, conocer el funcionamiento del telescopio, etc.

La propuesta de elaborar una guía didáctica de construcción y uso de un telescopio para el bachillerato, contará con estos ingredientes: primero servirá como material didáctico de los profesores, segundo, para que los alumnos aprendan significativamente astronomía y por último para que cualquier aficionado, también aprenda de una manera autodidacta; con esta guía logrará comprender su funcionamiento, construirá su propio telescopio y podrá hacer observaciones.

Como material didáctico, el profesor encontrará otra alternativa de enseñar, la estructura lógica de su contenido presenta una perspectiva crítica y reflexiva. Las estrategias didácticas implican gran participación de los alumnos, en la mayoría de los casos, los temas a tratar se apoyan en prototipos o materiales didácticos diseñados por un servidor: Como estos materiales son de bajo costo, los alumnos y profesores pueden manipular en una continua interacción. Vygotski (2003) decía: «Para que el experimento sea un medio efectivo para el estudio del desarrollo de los procesos debe proporcionar la máxima oportunidad para que el sujeto se comprometa en una gran variedad de actividades que puedan ser observadas, y no estrictamente controladas».

En relación con el aprendizaje de los alumnos, siempre hemos dado clases, pensando en que los alumnos aprenden, pero jamás, nos hemos detenido a cuestionarnos, si esto significa que nuestros alumnos han incorporado en sus esquemas algunos conceptos que les permitan explicar mejor su realidad, es decir, si se ha dado un “cambio conceptual”. Sólo sabemos, que lo hacemos bien, como dicen algunos: “lo veo en su rostro, en sus ojos”, o también, los escucho decir: “ya le entendí”, “ahora sí me gusta la astronomía o la física”, etc. En este caso, para dejar esta subjetividad a un lado, se muestran los resultados de la evaluación del aprendizaje.

En el presente trabajo se considera que la práctica didáctica, debe estar basada en el concepto de enseñanza crítica y reflexiva, es decir, como una forma de enseñanza que es capaz de tomar en cuenta los contextos sociales y políticos en los cuales la educación ocurre, así como sus aspectos técnicos y prácticos; la enseñanza que valora las prácticas de

aula con base en su capacidad de contribuir al desarrollo de mayor igualdad y justicia social.

## I.2. Planteamiento del problema

La tesis que estamos planteando tiene que ver con la enseñanza de la astronomía en la ENP. Nos hemos dado cuenta de la necesidad de elaborar una guía didáctica de construcción y uso de un telescopio newtoniano para el bachillerato, con el propósito de dar a conocer estrategias didácticas para un aprendizaje significativo.

Actualmente los profesores nos encontramos con el problema de elaborar material y secuencias didácticas que nos faciliten el cumplimiento del programa de la asignatura de astronomía. En esta propuesta, se elaboran estrategias didácticas para saber utilizar instrumentos de observación astronómica. En particular, para construir y usar un telescopio pequeño tipo newtoniano de 15 cm de abertura y montura dobsoniana<sup>1</sup>.

En otras palabras, la propuesta consiste en elaborar una guía didáctica donde se plantean una serie de estrategias dirigidas a que el alumno conozca una reseña histórica del telescopio óptico, comprenda su funcionamiento, construya su propio telescopio y lo utilice para construir su conocimiento del sistema solar. El problema se ubica en el contexto del uso de instrumentos y de cómo ésta apoya los procesos de construcción del conocimiento.

## I.3. Metodología del trabajo en el aula

La metodología va en la orientación pedagógica del proceso de instrucción, teniendo como consecuencia una metodología de trabajo en el aula que, mediante un proceso de cambio conceptual, conduzca a un aprendizaje significativo (Ausubel, 1997) de los conceptos que se presentan.

---

<sup>1</sup> El nombre se debe a John Dobson un aficionado a la astronomía quien diseño esta montura en los Estados Unidos en los años 70.



Seguendo con la propuesta que hace Hewson et al. (1998), Driver et al. (1991) y Varela et al. (1993), la metodología que tendríamos que utilizar en el aula, para lograr un aprendizaje significativo en los alumnos, debe desarrollarse conforme a las siguientes etapas:

1. Identificar las ideas que los alumnos poseen sobre la temática objeto de la enseñanza.
2. Contrasten estas ideas con sus compañeros.
3. Emitan hipótesis acerca del comportamiento de determinados sistemas.
4. Contrasten sus hipótesis con los resultados aportados por la experimentación y/o el profesor.
5. Apliquen las nuevas ideas a otras situaciones.

Partiendo de esta referencia, se elaboró un Plan de Clase (**anexo D**) con estrategias de enseñanza-aprendizaje, recursos y evaluación para lograr dicha metodología.

Por otro lado, los problemas que se plantearon durante la práctica docente, cumplen con la propuesta de Hobden (1998):

- La solución cuantitativa de problemas no es un criterio adecuado para el entendimiento de la física.
- Los problemas que requieren razonamiento cualitativo y explicaciones verbales exigen un nivel más alto de participación intelectual.
- El nuevo concepto debería estar ligado siempre que sea posible a las observaciones y la experiencia de los estudiantes.
- El formalismo matemático debería ser pospuesto hasta que los estudiantes hayan tenido un poco de práctica en el razonamiento cualitativo.
- Los estudiantes tienen que participar en el proceso de construir modelos cualitativos que pueden ayudarles a entender las relaciones y diferencias entre conceptos.

En el capítulo IV se muestran las secuencias didácticas de enseñanza y en el capítulo V los resultados del aprendizaje.

## I.4. Objetivos de la propuesta

- Desarrollar estrategias didácticas apropiadas para que los profesores de astronomía puedan aprovechar al máximo los telescopios tipo newtoniano con los que se cuenta en la ENP.
- Elaborar una guía didáctica mediante la cual, el alumno -y aficionados- construya su propio telescopio, comprenda su funcionamiento y lo utilice para realizar observaciones.
- Promover la construcción de conocimientos sólidos en relación con las características y el funcionamiento del sistema solar apoyados en la observación sistemática de los astros que recorren la eclíptica.

## I.5. Hipótesis de trabajo

En general los profesores de astronomía carecemos de una preparación específica para desarrollar nuestra práctica docente, la mayoría de los profesores no conocemos esta disciplina en profundidad por falta de una especialización en el área. Si se proporciona a los profesores y alumnos una guía didáctica de construcción y uso de un telescopio para el bachillerato entonces se incrementará el interés y la motivación y se fomentará la construcción de conocimientos sólidos con lo cual podrá favorecerse el cambio conceptual.

Suponemos que esta guía didáctica, mostrará en realidad cómo se construye un telescopio, es decir, mostrando los detalles “finos” para que cualquier alumno (aficionado) termine con éxito dicha obra. Además, se pretende que con las estrategias didácticas propuestas, aprenda a utilizar su telescopio y observe por lo menos, los astros que recorren la eclíptica.

Por otro lado, la construcción y uso de un telescopio de formato pequeño ofrece oportunidades educativas espléndidas, los alumnos desarrollan habilidades psicomotrices. Esto permitirá, fomentar la capacidad crítica, creativa y de razonamiento de los alumnos.

## Capítulo II Telescopio óptico

En este capítulo se presenta un breve desarrollo histórico sobre el telescopio que construyó Galileo Galilei y los resultados de sus observaciones. También se proporciona una descripción del telescopio que construyó y lleva el nombre de Isaac Newton, así como del legado que nos dejó para su construcción.

A continuación se incluye el funcionamiento básico de los telescopios de refracción y de reflexión. Para ello se muestra la forma en que se construyen las imágenes en una lente convergente y en un espejo cóncavo, usando el método de la óptica geométrica.

### II.1. Desarrollo histórico

Los primeros instrumentos para observar el cielo fueron los telescopios ópticos (funcionan en la región del visible del espectro electromagnético). Entre ellos se encuentran los reflectores y los refractores. Los telescopios reflectores usan espejos para recoger la luz, y los refractores utilizan lentes.

El desarrollo histórico se ubica en dos casos: Galilei y sus observaciones astronómicas, y por otro lado, Newton y su telescopio reflector. Los casos los describiremos en las siguientes secciones.

#### II.1.1. Telescopio galileano

No es claro quién inventó el telescopio refractor, pero registros en los archivos de la Haya, Holanda muestran que el 2 de octubre de 1608 Hans Lippershey (1570-1619), un fabricante de anteojos holandés, solicitó una patente para tal instrumento. En Padua, un año después en 1609, Galileo Galilei (1564-1642) oyó acerca de la invención de Lippershey, y antes de 24 horas, tallando las lentes a mano, había construido su propio instrumento. Las partes ópticas que usó fueron: una lente plana convexa (lente principal) y otra plana cóncava (ocular), así de simple.

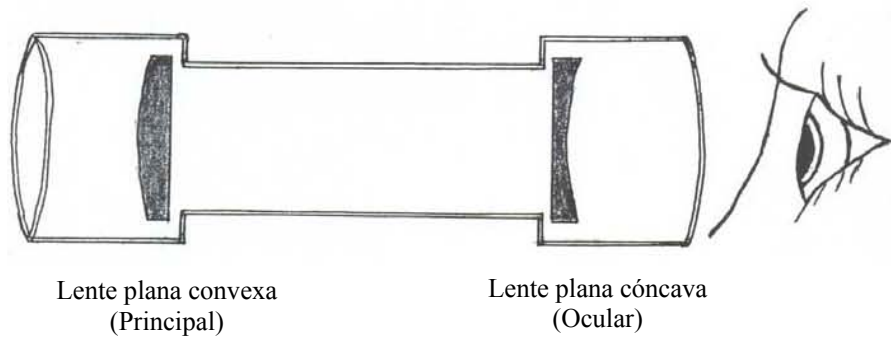


Fig. II.1. Esquema óptico del telescopio de Galileo.

Galileo tenía habilidades prácticas increíbles, lo que lo llevó en poco menos de medio año prácticamente al límite de las posibilidades técnicas de la época, pasando de 3 a 8, a 20 y a 30 aumentos. No era posible construir lentes de mayor tamaño aun en los prestigiosos talleres venecianos.

Uno de sus mejores telescopios<sup>1</sup> tenía una longitud de 98 cm y una lente de 3.7 cm de diámetro, logrando aproximadamente 30 aumentos. Para aclarar lo que quiere decir esto, imaginemos que Galileo con este instrumento observa un barco apenas perceptible, a una distancia de, por ejemplo, 14 kilómetros, lo veía tan grande y claro como si estuviera distante tan sólo a 2 kilómetros, es decir, después de haber navegado 2 o más horas con viento favorable.

---

<sup>1</sup> La palabra “telescopio” se cree que fue pronunciada el 14 de abril de 1611. El nombre fue sugerido por el filólogo Demisani en una cena organizada en Roma, para celebrar los descubrimientos de Galileo, por Federico Cesi (1585-1630), inspirador de la Academia de los Linceos, de la que formaría parte Galileo.



Fig. II.2. Telescopio de Galileo que se encuentra en el Museo de Historia de la Ciencia en Florencia.

Con este telescopio se logró cambiar la visión del universo. Observó la Luna, en la que pudo apreciar cráteres, montañas y llanuras, demostrando que la superficie no es de hecho lisa, uniforme y de esfericidad exactísima, sino que, por el contrario, es desigual, escabrosa y llena de cavidades y prominencias, no de otro modo que la propia faz de la Tierra, que presenta aquí y allá las crestas de las montañas y los abismos de los valles.

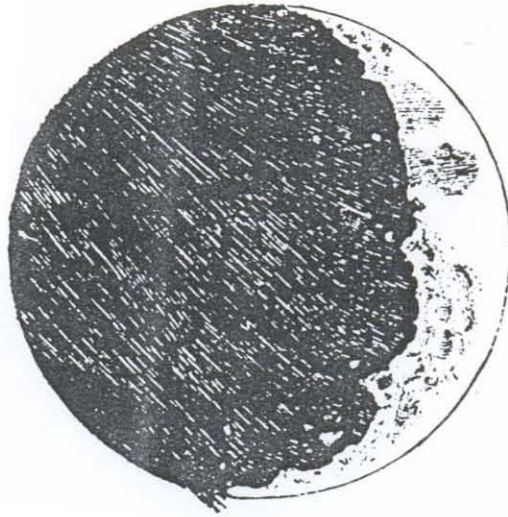


Fig. II.3. Dibujo de Galileo en el que se ve la superficie de la Luna.

Al observar las estrellas fijas ya conocidas, se dio cuenta que con su instrumento se lograban ver otras estrellas, que a simple vista no se pueden ver (según la clasificación de Hiparco de Nicea (c. 190-120 a.C.) las estrellas más brillantes que se pueden ver con el ojo son de magnitud 1 y las más débiles que se pueden percibir son de magnitud 6), por lo que Galileo descubrió estrellas de magnitud mayor a 6, que sólo se pueden ver con telescopio.



Fig. II.4. Dibujo de Galileo en el que se ven las Pléyades. Las estrellas con un punto en el centro son las que se pueden ver a simple vista.

Algo que maravillo sin duda a Galileo, fueron los satélites de Júpiter<sup>2</sup>, cuatro satélites que giraban alrededor de un planeta, como un pequeño sistema solar. Se dio cuenta que los planetas más veloces son los más cercanos a Júpiter. Concluyó, que ahora se tiene que cuatro planetas giran en torno a otro al tiempo que ambos recorren una gran órbita en torno al Sol, como la Luna alrededor de la Tierra, a la vez que todos ellos recorren junto con Júpiter una gran órbita en torno al Sol.



Fig. II.5. Observaciones de Galileo sobre Júpiter y sus satélites.

Para Galileo estas observaciones no saciaron su curiosidad, a si que, apuntó el telescopio hacia el Sol; concluyó que las manchas solares están sobre la superficie, que continuamente se generan unas y se disuelven otras, dándose algunas de breve duración de uno, dos o tres días, mientras que otras son de duración de 10, 15 o incluso de 30 o más días. Son además, de muy irregulares formas que van mutando continuamente, unas con cambios rápidos y muy diversos y otras con más lentitud y menor variación. Por todo lo que observó, llegó a decir, en primer lugar que el cuerpo del Sol es absolutamente esférico y, en segundo lugar, que éste gira sobre sí mismo en torno al propio centro, arrastrando consigo en círculos paralelos las mencionadas manchas, completando una vuelta entera aproximadamente en un mes lunar con revolución similar a las de las esferas de los planetas; esto es de occidente a oriente. También señaló, que parece que la multitud de las manchas cae siempre en una banda o zona, del cuerpo solar que se halla comprendida entre dos círculos que se encuentran entre 20 o 29 grados, sea al norte o al sur del círculo máximo de la rotación del Sol. Cabe mencionar que Galileo usó una proyección del Sol para estas observaciones.

<sup>2</sup> Galileo los llamo Planetas Médiceos en honor a la familia de los Médicis, hoy en día, son conocidos como satélites galileanos: Io, Europa, Ganímedes y Calisto.

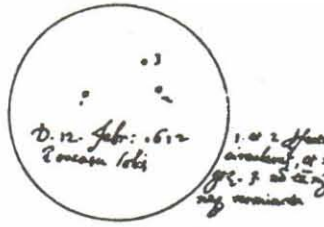


Fig. II.6. Dibujo de Galileo sobre las manchas solares.

Como dato curioso Galileo murió en 1642 y tres años después el Sol expresó su luto: de 1645 a 1715 (70 años) no hubo manchas visibles (mínimo de Maunder). La actividad solar decayó de manera notable en estos años; sólo de forma muy esporádica se llegaron a observar algunas manchas aisladas, mientras que ahora es común observarlas casi continuamente, aún en los periodos de mínima actividad. Quizás, el Sol se arrepintió de haber dejado a un hombre por siempre en la oscuridad. También, como coincidencia, el año en que murió Galileo nació Newton.

Galileo, también perturbó la tranquilidad de Saturno, lo visualizó como un grupo de tres astros que casi se tocan y que nunca se mueven o mudan entre sí, siendo la de en medio bastante más grande que las laterales. Se hallan situadas una a oriente y a occidente la otra, exactamente en línea recta.



Fig. II.7. Dibujo de Galileo sobre Saturno.

Los dos astros que veía a los lados de Saturno, no logró discernirlas como anillos. Sin embargo, observaciones realizadas tiempo después, lo llevaron al siguiente dibujo, muy cerca de lo que hoy vemos en este planeta.





Fig. II.8. Dibujo de Galileo sobre Saturno, seis años después.

Finalmente para no cansarnos con las maravillas que observó Galileo, diremos que un astro muy brillante y que no puede ser ignorado por un aficionado a la astronomía: Venus. Se dio cuenta, que a la aparición vespertina tiene una figura redonda aunque bastante pequeña. Con tal figura se mantiene muchos días, si bien crece notablemente de tamaño. Aproximándose luego a la máxima elongación<sup>3</sup>, comienza a menguar respecto a la redondez por la parte oriental, reduciéndose en pocos días a la semicircularidad, y manteniéndose con esa forma cerca de un mes sin que se observe más cambio que el de tamaño, que aumenta notablemente. Finalmente, al retirarse del Sol, comienza a ahuecarse por donde era recta, tornándose paulatinamente cornuda, viéndose ahora reducida a una sutilísima hoz semejante a la de la Luna de cuatro días. Como el mismo Galileo decía (Galilei y Kepler, 1988):

Sin embargo, el tamaño de su esfera se ha hecho tan grande que desde su primera aparición en que la vi redonda hasta que se mostró mediada y hasta lo que se ve ahora se da la diferencia que muestra estas tres figuras.



Fig. II.9. Dibujo de Galileo sobre las fases de Venus.

Menguará todavía hasta la ocultación y a mediados de este otro mes la veremos oriental y sutilísima. Y al continuar alejándose del Sol, creciendo en iluminación y menguando de tamaño, en el lapso de unos tres meses se reducirá al semicírculo, manteniéndose como tal cerca de un mes sin que se aprecie cambio sensible. Luego, continuará siempre con la disminución de tamaño, se tornará plenamente redonda en pocos días, forma con la que se mostrará durante más de diez meses seguidos

---

<sup>3</sup> Esto es, el rayo visual que partiendo de la Tierra toca tangente a la órbita de Venus en el punto de máxima separación del Sol, llamado de máxima elongación, que suele ser el momento de óptima visibilidad.

quitando esos tres meses aproximadamente que será invisible tras los rayos del Sol – Venus imita las fases de la Luna-.

Así, se dio cuenta que Venus (e indudablemente lo mismo hará Mercurio) necesariamente gira en torno al Sol, al igual que todos los demás planetas. Además, por estas mismas apariencias de Venus, se puede decir que todos los planetas reciben la luz del Sol, siendo sombríos por naturaleza.

Todas las observaciones que hizo Galileo a través de este insignificante telescopio, lo motivaron a apoyar fuertemente la teoría de Nicolás Copernico (1473-1543) sobre un sistema heliocéntrico.

## II.1.2. Telescopio newtoniano

Por otro lado, el primer telescopio reflector fue inventado por el escocés James Gregory (1638-1675) en 1661; él usó un espejo secundario elipsoidal cóncavo. Sin embargo el telescopio reflector construido con éxito fue el de Isaac Newton (1642-1727) en 1668 –que por cierto, es el que nos interesa desarrollar en este trabajo-. Puede parecer curioso, pero Newton en realidad lo que buscaba era mejorar los telescopios refractores y se encontró que la solución era un telescopio reflector. Como él mismo cuenta, construyó dos telescopios, uno de los cuales donó a la Royal Society (Sociedad Científica de Britania), este telescopio es fantástico, tiene solamente 15.88 cm (6¼” ) de largo y 3.39 cm (1⅓”) de diámetro con un aumento de alrededor de 35 veces (Newton, 1977).



Fig. II.10. Telescopio de Newton que se encuentra en la Royal Society en Londres.

Es importante mencionar aquí, la forma en que logró pulir el espejo. Así lo cuenta Newton en su libro de óptica (1997):

Tenía dos placas redondas de cobre de un diámetro de 6'' cada una, convexa la una, cóncava la otra, talladas de modo que encajasen exactamente entre sí. Froté contra la convexa el metal del objetivo o superficie cóncava que había de pulimentar, hasta que hubo tomado su forma, quedando listo para el pulido. Acto seguido, embadurné completamente la pieza convexa con una capa muy fina de pez<sup>4</sup> fundida que dejó caer sobre ella. A la vez que la calentaba para que la pez se mantuviera blanda, la froté con la pieza cóncava de cobre, convenientemente humedecida a fin de que la pez se extendiese uniformemente sobre la convexa. Después de trabajarla bien hasta que hubo tomado al grosor de una moneda, y una vez que la pieza convexa se hubo enfriado, froté de nuevo para darle la forma más exacta posible. Tomé, a continuación, una masilla que previamente había refinado lavándola hasta eliminar sus partículas más gruesas y, poniendo un poco sobre la pez, la froté con la pieza cóncava de cobre hasta que dejó de hacer ruido. Sirviéndome entonces de la pez, froté el objetivo metálico durante unos dos o tres minutos, presionando fuertemente sobre él. Puse de nuevo masilla fresca sobre la pez y froté otra vez hasta que hubo dejado de hacer ruido y, una vez más, trabajé sobre el objetivo metálico como anteriormente. Repetí esta operación hasta que el metal quedó pulido, frotando al final con todas mis fuerzas durante un buen rato. De vez en cuando, echaba el aliento sobre la pez para mantenerla húmeda, sin ponerle más masilla fresca.

---

<sup>4</sup> El pez es materia oscura y pegajosa, insoluble en agua, que se obtiene como residuo en la destilación de la trementina, los alquitranes y las maderas resinosas, hoy en día se usa brea y chapopote.

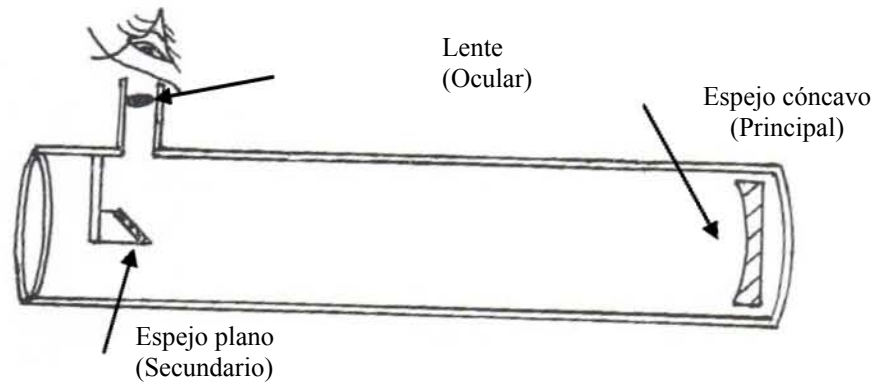


Fig. II.11. Esquema óptico del telescopio de Newton.

Me agrada esta cita, porque esta técnica –desde luego que mejorada- es la que se aplica actualmente en la construcción de estos telescopios. A diferencia de Galileo, Isaac sí dice cómo pulir un espejo cóncavo. En el siguiente capítulo hablaremos con más detalle sobre la construcción del mismo.

Es de imaginarse que Newton observó con su telescopio todo lo que había registrado Galileo, ya que él afirma que vio y que hizo ver a sus conocidos los cuatro planetas Mediceos y las fases de Venus con su primer y modesto reflector. También al apuntar el telescopio hacia Venus e interponiendo en el trayecto de los rayos un prisma, observó que la imagen del planeta se alargaba en una línea coloreada de más de 2.5 cm. Sin embargo, en sus experimentos acerca de la naturaleza de la luz y de los colores, parece que no utilizó su telescopio para observaciones astronómicas sistemáticas, sirviéndose en cambio, para sus cálculos y teorías de las que le comunicaba el observatorio de Greenwich, con el que tenía una buena relación.

No hay un legado con detalle sobre todas las observaciones que hizo Newton con el telescopio, pero algo que sí es seguro, que observó y pensó lo suficiente para deducir la teoría de la gravitación universal.

Lo cierto es que de los dos telescopios (galileano y newtoniano), el que se ha ganado el cariño de los aficionados a la observación astronómica, es el de Newton; por considerarse de una construcción relativamente fácil y sencilla, de bajo costo y de excelente calidad.

El telescopio que estamos planteando tiene un espejo principal de 15 cm de diámetro con una distancia focal de 150 cm y una montura dobsoniana (ver el capítulo III sección III.5). Si Galilei y Newton conocieran nuestro telescopio, pensarían que es un gigante, comparado con el que construyeron cada uno de ellos, en su época.

## II.2. Funcionamiento básico del telescopio

En esta sección explicaremos el funcionamiento básico de los telescopios refractores y reflectores, en particular, un telescopio refractor constituido por un par de lentes convergentes y un telescopio reflector tipo newtoniano.

Para entender el funcionamiento de un telescopio, recordemos algunas características de la luz, como por ejemplo que la luz viaja en línea recta. Cuando la luz incide en una superficie opaca, regresa a su medio original (reflexión) y la trayectoria de la luz cambia cuando penetra a un medio transparente (refracción).

Con estas características en mente, se puede analizar la formación de imágenes con una lente y un espejo cóncavo. El mejor método para comprender la formación de imágenes es a través de la óptica geométrica, donde la luz que emite o refleja un objeto se puede representar trazando o dibujando un rayo. El funcionamiento del telescopio lo describiremos en las siguientes secciones.

### II.2.1. Telescopio refractor

Para comprender el funcionamiento de un telescopio refractor, lo primero que debemos entender es cómo se forma una imagen con una lente convergente o convexa (sólo explicaremos la formación de imágenes en una lente convergente, sabiendo que el razonamiento es el mismo para cualquier otra). Para aclarar esto, imaginemos que tenemos

una vela encendida (fig. II.12), la luz se emite en línea recta en todas direcciones, que llamaremos rayos de luz.



Fig. II.12. La luz de la vela se emite en línea recta en todas direcciones.

Con el método de la óptica geométrica<sup>5</sup> se puede encontrar la imagen de la vela usando la lente, simplemente trazando dos o tres rayos de los miles de rayos que se emiten, estos rayos de luz se conocen como rayos principales y son los siguientes:

*Rayo 1:* Es un rayo paralelo al eje focal de la lente, se refracta y pasa por el foco.

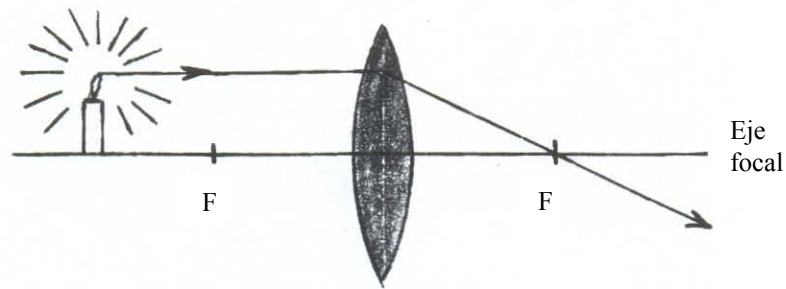


Fig. II.13. Todos los rayos de luz que son paralelos al eje focal cuando se refractan pasan por el foco de la lente.

---

<sup>5</sup> El método consiste en trazar dos o más rayos principales a partir de un punto seleccionado sobre el objeto y utilizar el punto de intersección como la imagen de ese punto.

*Rayo 2:* Es un rayo que pasa por el centro de la lente, no sufre refracción.

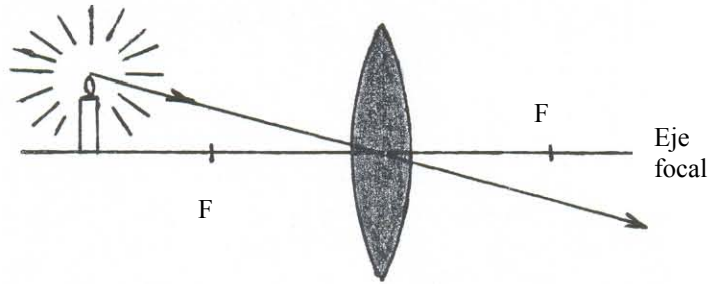


Fig. II.14. El rayo de luz que pasa por el centro de la lente no se refracta.

*Rayo 3:* Es un rayo que pasa por el foco, al llegar a la lente se refracta y sale paralelo al eje focal.

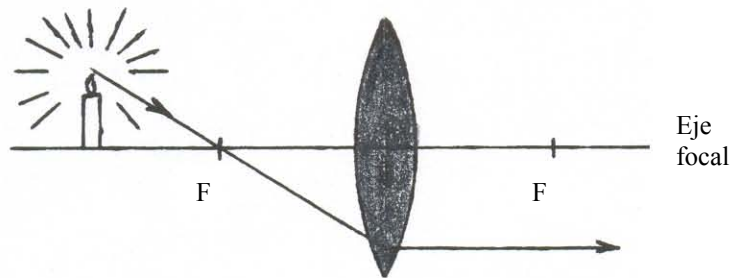


Fig. II.15. El rayo de luz refractado sale paralelo al eje focal.

Estos tres rayos se cruzan en un mismo punto (por lo que muchas veces basta con trazar dos de ellos para localizar la imagen), en este punto de intersección se encuentra la imagen del objeto.

En los siguientes esquemas se muestran diferentes situaciones de formación de imágenes, para ello colocamos el objeto a distancias diferentes con respecto a la lente. Definimos los siguientes parámetros

$d_o$ : distancia del objeto a la lente

$d_i$ : distancia de la imagen a la lente

F: la distancia focal de la lente

Por ejemplo:

Caso 1. Colocando el objeto (usaremos una vela) a una distancia mayor que  $2F$  ( $d_o > 2F$ ).

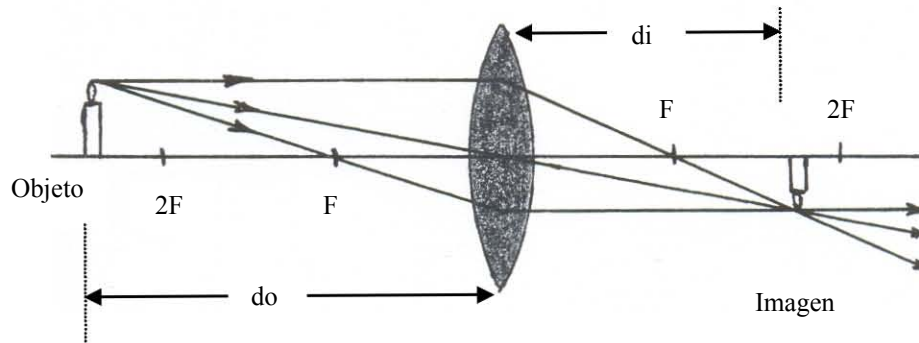


Fig. II.16. La imagen se encuentra en el punto donde convergen los tres rayos principales.

En la fig. II.16 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia mayor del doble de la distancia focal, se forma una imagen real<sup>6</sup>, invertida y de menor tamaño, se ubica a una distancia menor de la lente que el objeto ( $d_o > d_i$ ).

Caso 2. Colocando el objeto a una distancia igual a  $2F$  ( $d_o = 2F$ ).

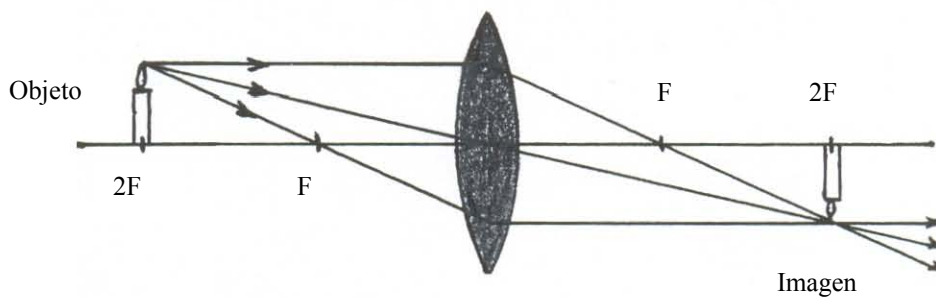


Fig. II.17. Los rayos principales convergen a una distancia igual al doble de la distancia focal.

<sup>6</sup> Una imagen real está formada por rayos de luz reales que la atraviesan. Las imágenes reales se pueden proyectar en una pantalla.



En la fig. II.17 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia igual al doble de la distancia focal, se forma una imagen real, invertida y del mismo tamaño que el objeto, se ubica a igual distancia de la lente que el objeto ( $d_o = d_i$ ).

Caso 3. Colocando el objeto a una distancia entre  $F$  y  $2F$  ( $F < d_o < 2F$ ).

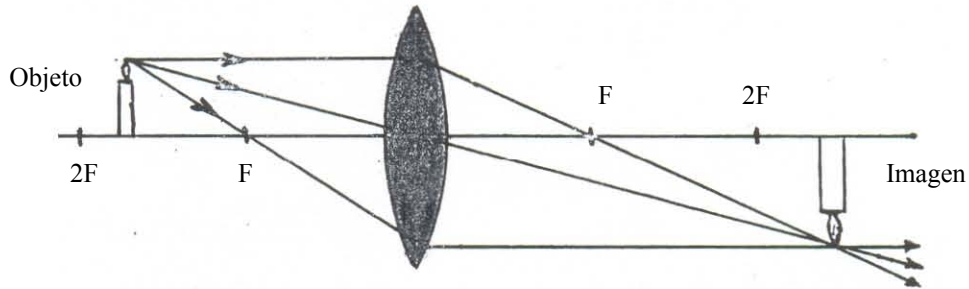


Fig. II.18. Los rayos principales convergen más allá del doble de la distancia focal.

En la fig. II.18 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia entre una y dos distancias focales de la lente, se forma una imagen real, invertida y mayor que el objeto, se ubica más lejos de la lente que el objeto ( $d_o < d_i$ ).

Caso 4. Colocando el objeto a una distancia igual a  $F$  ( $d_o = F$ ).

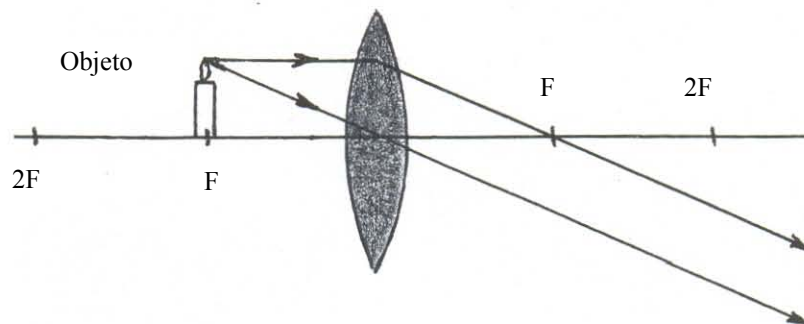


Fig. II.19. Los rayos principales después de que se refractan son paralelos.

En la fig. II.19 se puede ver que si el objeto se localiza a la distancia focal, no se forma imagen. Los rayos refractados son paralelos ( $d_i \rightarrow \infty$ ).

Caso 5. Colocando el objeto a una distancia menor a  $F$  ( $d_o < F$ ).

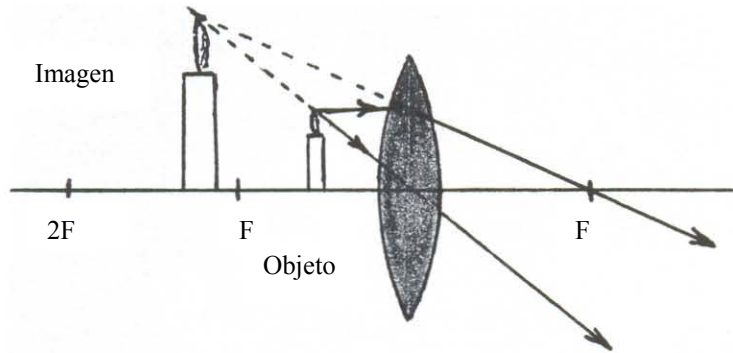


Fig. II.20. Los rayos principales parecen que convergen detrás del objeto.

En la fig. II.20 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia menor que la distancia focal de la lente, se forma una imagen virtual<sup>7</sup>, no invertida y mayor que el objeto, es decir, se comporta como un espejo ( $d_o = d_i$ ).

Es importante destacar que dependiendo de la geometría la imagen puede ser: invertida (real) o derecha (virtual) y de igual, menor o mayor tamaño. La intención de observar estos casos es que hay imágenes que son más grandes que el objeto, como se ve en la figura II.18 y II.20. Por otro lado, considerando que los astros que observamos son relativamente pequeños, lo ideal sería tratar de usar un caso donde la imagen es mucho mayor que el objeto. Sin embargo, sabemos que todos los astros que observamos están muy lejos de la Tierra, por lo cual, los rayos de luz que nos llegan de ellos son paralelos. Como todos los rayos de luz llegan paralelos entonces se refractan en un punto (de la fig. II.13 se puede concluir que todos los rayos pasan por el foco), es decir, la imagen se forma justamente a la

<sup>7</sup> Una imagen virtual es la que parece estar formada por luz que proviene de la imagen, pero que en realidad no es atravesada por ningún rayo de luz.

distancia focal de la lente. La característica de esta imagen, es que es la más pequeña que se puede obtener, pero es la más nítida de todas ellas, esto es una ventaja.

En este momento, podemos comprender el funcionamiento básico de un telescopio refractor –podría ser el de Galilei- que tiene una lente principal convergente. Ahora sí, sabemos que la imagen de un astro cualquiera, se encuentra a la distancia focal de la lente principal  $F_1$  (fig. II.23).

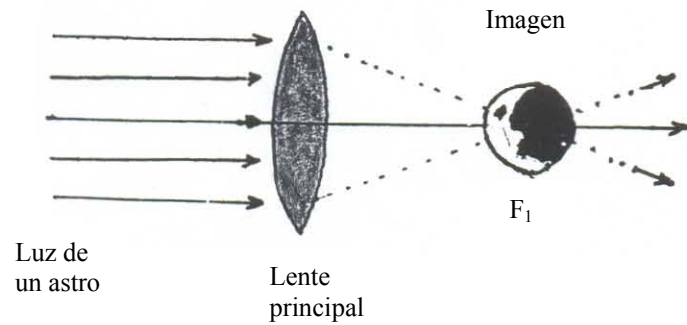


Fig. II.23. Esta es la imagen que se obtiene con la lente principal.

A su vez, para la lente secundaria (ocular) con distancia focal  $F_2$  esta imagen se convierte en el objeto, que si aplicamos el caso 3, entonces la imagen que se obtiene con esta lente secundaria, es más grande que el objeto, es decir, se puede amplificar.

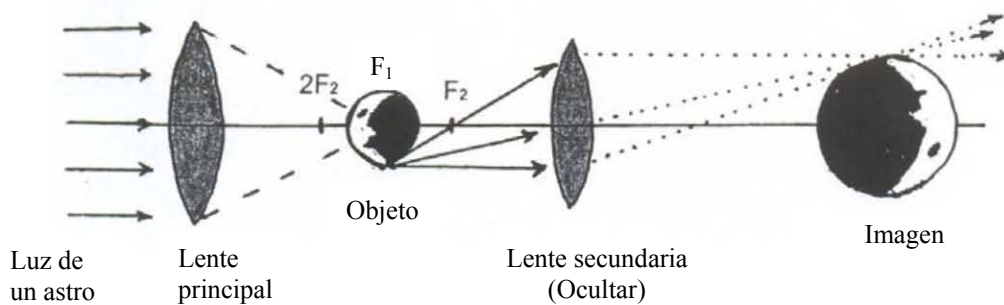


Fig. II.24. Esta es la imagen que se obtiene con la lente secundaria (ocular).

Este es el principio de los telescopios refractores. Como se puede ver en la fig. II.24 es relativamente sencillo construir uno de estos telescopios (cuando se cuenta con las lentes).

### II.2.2. Telescopio reflector

Para comprender el funcionamiento de un telescopio reflector, lo primero que debemos entender es cómo se forma una imagen con un espejo cóncavo (sólo explicaremos para este tipo de espejo, sabiendo que el razonamiento es el mismo para cualquier otro). De manera análoga a la lente convergente, imaginemos que tenemos una vela encendida (fig. II.12), la luz se emite en línea recta en todas direcciones, que hemos llamado rayos de luz.

Con el método de la óptica geométrica<sup>8</sup> se puede encontrar la imagen de la vela usando el espejo cóncavo, simplemente trazando dos o tres rayos de los miles de rayos que se emiten. Estos rayos de luz se conocen como rayos principales y son los siguientes:

*Rayo 1:* Es un rayo paralelo al eje del espejo, se refleja y pasa a través del punto focal del espejo.

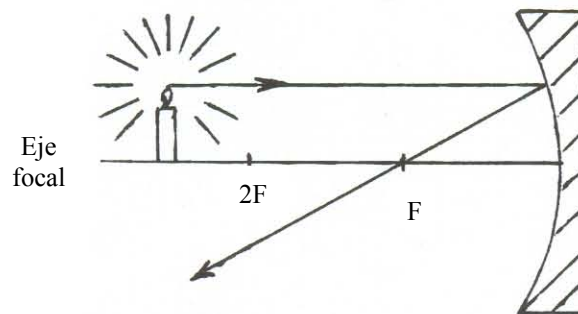


Fig. II.25. Todos los rayos de luz que son paralelos al eje focal cuando se reflejan pasan por el foco del espejo.

<sup>8</sup> Este método consiste en la reflexión de dos o tres rayos principales, el punto en el cual se cruzan todos estos rayos reflejados determinan la ubicación de la imagen.

*Rayo 2:* Es un rayo que pasa por el centro de curvatura, se refleja a lo largo de su trayectoria original.

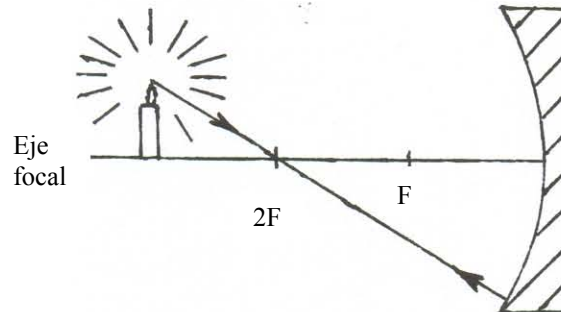


Fig. II.27. El rayo de luz que pasa por el centro de curvatura del espejo se refleja en la misma dirección.

*Rayo 3:* Es un rayo que pasa a través del punto focal de un espejo, se refleja paralelamente al eje del espejo.

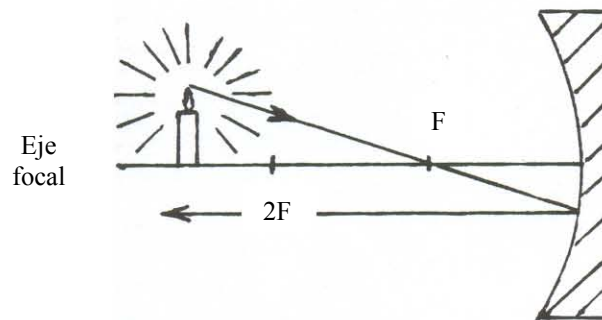


Fig. II.26. El rayo de luz reflejado sale paralelo al eje focal.

Estos tres rayos se cruzan en un mismo punto (por lo que muchas veces basta con trazar dos de ellos para localizar la imagen), en este punto de intersección se encuentra la imagen del objeto.

En los siguientes esquemas se muestran diferentes situaciones de formación de imágenes, para ello colocamos el objeto a distancias diferentes con respecto al espejo cóncavo.

Definimos los siguientes parámetros

$d_o$ : distancia del objeto al espejo cóncavo

$d_i$ : distancia de la imagen al espejo cóncavo

F: distancia focal del espejo cóncavo

C: centro de curvatura ( $C = 2F$ )

Por ejemplo:

Caso 1. Colocando el objeto a una distancia mayor que  $2F$  ( $d_o > C$ ).

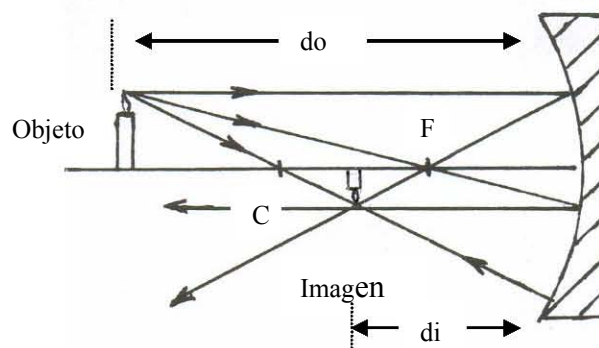


Fig. II.28. La imagen se encuentra en el punto donde convergen los tres rayos principales.

En la fig. II.28 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia mayor del centro de curvatura del espejo, se forma una imagen real, invertida y de menor tamaño que el objeto, se ubica a una distancia entre el foco y el centro de curvatura ( $d_o > d_i$ ).

Caso 2. Colocando el objeto a una distancia igual a  $2F$  ( $d_o = C$ ).

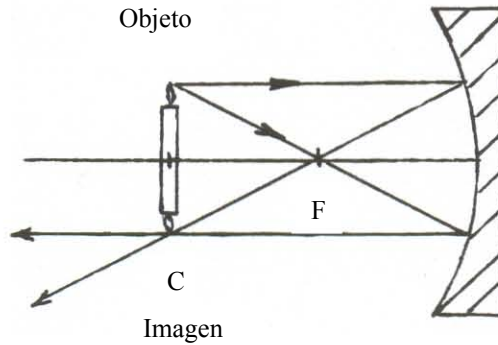


Fig. II.29. Los rayos principales convergen a una distancia igual al centro de curvatura.

En la fig. II.29 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia igual al centro de curvatura, se forma una imagen real, invertida y del mismo tamaño que el objeto, se ubica a igual distancia que la del objeto ( $d_o = d_i$ ).

Caso 3. Colocando el objeto a una distancia entre  $F$  y  $2F$  ( $F < d_o < C$ ).

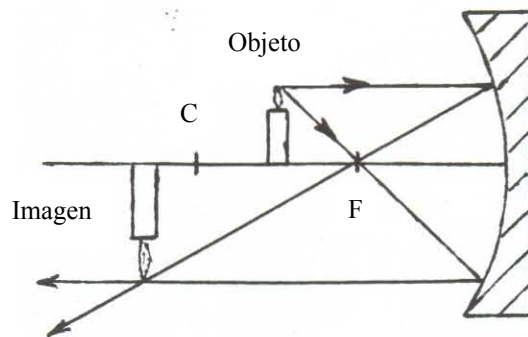


Fig. II.30. Los rayos principales convergen más allá del centro de curvatura.

En la fig. II.30 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia entre el foco y el centro de curvatura del espejo, se forma una imagen real, invertida y mayor que el objeto, se ubica más allá que el centro de curvatura ( $d_o < d_i$ ).

Caso 4. Colocando el objeto a una distancia igual a F ( $d_o = F$ ).

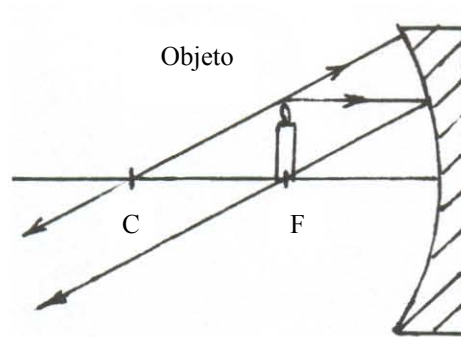


Fig. II.31. Los rayos principales después de que se reflejan son paralelos.

En la fig. II.31 se puede ver que si el objeto se localiza a la distancia focal, no se forma imagen. Los rayos reflejados son paralelos ( $d_i \rightarrow \infty$ ).

Caso 5. Colocando el objeto a una distancia menor a F ( $d_o < F$ ).

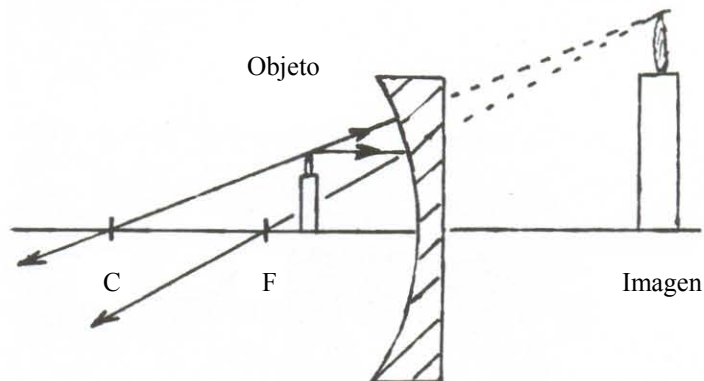


Fig. II.32. Los rayos principales parecen que convergen detrás del espejo.



En la fig. II.32 se puede ver que si el objeto se localiza a una distancia menor que la distancia focal del espejo, se forma una imagen que parece que está detrás del espejo. La imagen es virtual, no está invertida, sino en posición normal y mayor que el objeto ( $d_o = d_i$ ).

Al igual que la lente convergente, es importante destacar que dependiendo de la geometría la imagen puede ser: invertida (real) o derecha (virtual) y de igual, menor o mayor tamaño. Otra vez, la intención de observar estos casos es que hay imágenes que son más grandes que el objeto, como se ve en las figuras II.30 y II.32. Como lo mencionamos antes, los astros que observamos son como puntos relativamente pequeños, lo ideal sería tratar de usar un caso donde la imagen es mucho mayor que el objeto. Sin embargo, sabemos que todos los astros que observamos están muy lejos de la Tierra, por lo cual, los rayos de luz que nos llegan de ellos son paralelos. Como todos los rayos de luz llegan paralelos entonces se reflejan en un punto (de la fig. II.25 se puede concluir que todos los rayos pasan por el foco), es decir, la imagen se forma justamente a la distancia focal del espejo cóncavo. Nuevamente, la característica de esta imagen, es que es la más pequeña que se puede obtener, pero es la más nítida de todas ellas.

Ahora regresemos nuestra atención, al telescopio de Newton, que tiene un espejo principal cóncavo. Ya sabemos que la imagen de un astro cualquiera, se encuentra a la distancia focal del espejo cóncavo que en este caso es  $F_1$  (fig. II.33).

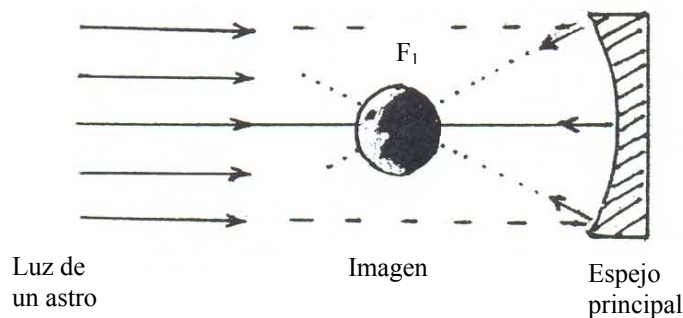


Fig. II.33. Esta es la imagen que se obtiene con el espejo principal.

Se puede ver en este esquema que la imagen queda sobre el eje del espejo. Desde el punto de vista técnico, es incomodo para un observador, ver la imagen ahí, por lo que se coloca un espejo secundario (plano) para reflejar la imagen hacia fuera del eje (fig. II.34). Es relativamente más cómodo proyectar la imagen perpendicularmente al eje del espejo.

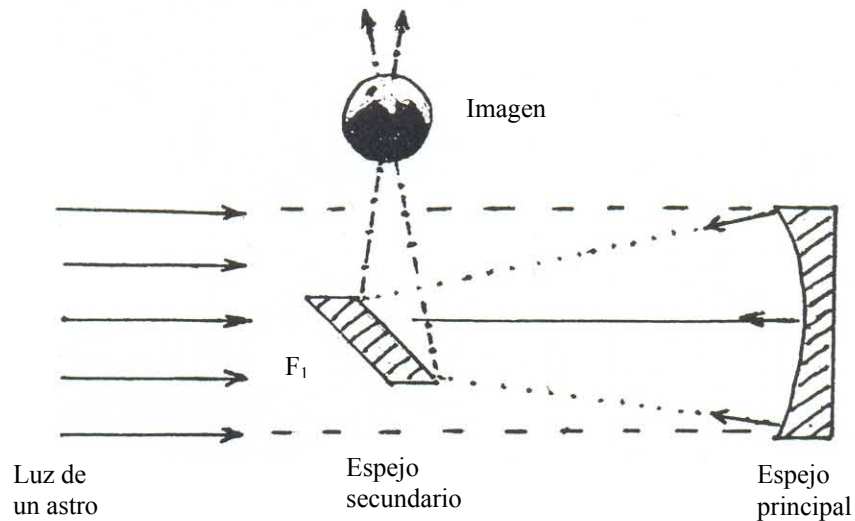


Fig. II.34. Esta es la imagen que refleja el espejo secundario.

A su vez, para la lente (ocular) con distancia focal  $F_2$  esta imagen se convierte en el objeto, que si aplicamos el caso 3, entonces la imagen que se obtiene con esta lente, es más grande que el objeto, es decir, se puede amplificar.

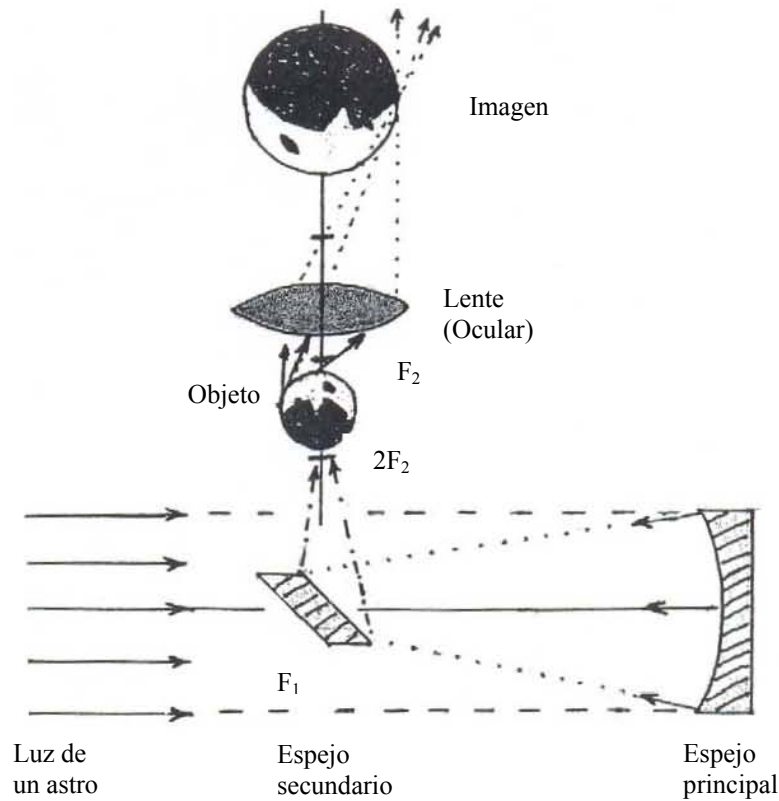


Fig. II.35. Esta es la imagen que se obtiene con la lente (ocular).

Este es el principio de los telescopios reflectores. Como se puede ver en la fig. II.35 es relativamente sencillo construir uno de estos telescopios; en el siguiente capítulo proponemos un manual para su construcción.

Con esta representación, consideramos que se tiene una idea del funcionamiento básico de los telescopios refractores y reflectores. La breve descripción tiene el propósito de que estos instrumentos dejen de ser una caja negra, o bien, que jamás se piense que es un truco de magia. Por último, en el capítulo IV sección IV.3.2, se propone una actividad experimental para que los alumnos jueguen con la lente convergente y el espejo cóncavo; con lo que se pretende que conozcan las características de las imágenes.

# Capítulo III Manual de construcción de un telescopio newtoniano

En este capítulo se muestra paso a paso la forma en que se puede construir un telescopio newtoniano con un espejo principal de 15 cm de abertura y montura dobsoniana.

El capítulo está dividido en secciones de acuerdo al proceso constructivo: espejo principal, espejo secundario, partes ópticas, el tubo del telescopio, montura, etc. En cada sección se indica el material que se necesita para dicho proceso (en el **anexo A** se sugieren algunos lugares dónde comprar los materiales).

La construcción de un telescopio es una actividad didáctica manual donde los alumnos diseñan y construyen su propio instrumento. Estamos convencidos de que si los alumnos participan en talleres donde construyen, aprenden más y mejor. Usar las manos es parte del desarrollo psicomotriz de las personas y les permitirá formarse mejor como individuos plenos.

Tratamos de ser lo más claros posible en la construcción del telescopio, para que todo profesor (alumno o aficionado) al leer estas notas pueda guiar o dirigir un taller de telescopios fácilmente sin ningún problema en su plantel. Además, está abierto a que cada colega con su creatividad y su ingenio mejore cada uno de los materiales que se muestran y nos contacte para generar un manual en línea cada vez más claro y completo.

## III.1. Espejo principal

Como mencionamos en el capítulo anterior la parte medular de un telescopio newtoniano (fig. II.11) es el espejo principal. Su construcción tiene varias etapas: esmerilado, pulido y aluminizado. Las describiremos en las siguientes secciones.

### III.1.1. Material para la construcción del espejo

Para iniciar la construcción del espejo principal del telescopio se necesita el siguiente material:

1. Dos vidrios circulares con el canto pulido y biselado de tal manera que la orilla no tenga filo de:
  - Diámetro = 15 cm y espesor = 19 mm
  - Diámetro = 15 cm y espesor = 12 mm

No debemos preocuparnos demasiado por la calidad del vidrio, puesto que el vidrio del espejo constituye sólo un soporte que no atraviesan los rayos de luz. Generalmente el vidrio que se consigue en las vidrierías tienen un tinte más verdoso que el vidrio común, pero como lo acabamos de decir esto no es relevante, ver la fig. III.1.

A partir de este momento el vidrio grueso (19 mm) lo llamaremos *espejo* y el vidrio delgado (12 mm) será la *herramienta*.



Fig. III.1. El vidrio delgado es la *herramienta* mientras que el vidrio grueso es el *espejo*.

#### 2. Abrasivos

a) Para el esmerilado:

	Número	Cantidad (gr)
• Carburo de silicio	80	150
	120	100

220	90
400	90

b) Para el pulido:

	Número	Cantidad (gr)
• Oxido de aluminio <sup>1</sup>	600	25
	1200	25
• Oxido de cerio		150

Para evitar que se revuelvan los abrasivos o los confundamos, hay que tomar la siguiente precaución: por ningún motivo se deben de mezclar los abrasivos gruesos con los delgados o contaminar con cualquier otro polvo, porque esto puede ocasionar que cuando se pula el espejo resulte rayado. De preferencia, guardar cada uno de ellos en una botella que se pueda cerrar perfectamente (tapadera de rosca) y etiquetar. El abrasivo más grueso (grano) es el carburo de silicio núm. 80 y a medida que aumenta la numeración el abrasivo es más delgado, por ejemplo: 120, 220, 400, etc.



Fig. III.2. Los abrasivos se encuentran en frascos bien cerrados y etiquetados para evitar accidentes.

3. Una cuchara chica de plástico de las que se usan para pastel.

<sup>1</sup> En ocasiones en lugar del oxido de aluminio del núm. 600 y 1200 se usa el W2 y W5 respectivamente.

4. Cualquier aspersor o rociador de agua.
5. Una franela de tamaño 40x60 cm.
6. Un reloj.
7. Una bata o mandil para protegerse la ropa del polvo que pueda brincar del abrasivo.
8. Cinta métrica de 3 metros.
9. Una lupa de 10x (10 aumentos) de preferencia de las que tienen base para apoyarse sobre la superficie que se esta observando (ver la figura III.15).
10. Una piedra de carburo de silicio de grano mediano, generalmente se conoce como piedra para guadaña (ver la figura III.17).
11. Un marcador de cera.
12. Un mazo de madera de cualquier tamaño.
13. Brea 300 gr.
14. Chapopote 30 gr.
15. Un recipiente metálico aproximadamente de 900 ml para fundir la brea y el chapopote (se puede aprovechar el envase de una conserva de frutas).
16. Una parrilla eléctrica o de gas.
17. Un colador mediano de metal.
18. Una media de nylon (de las que están a punto de llegar a la basura) para colar la brea y el chapopote fundido.
19. Jabón de tocador.
20. Una brocha de 1 pulgada.
21. Un recipiente de plástico de cualquier tamaño para hacer espuma con el jabón (se puede usar un recipiente de detergente en pasta o bien de crema de 450 ml).
22. Cinta adhesiva de 24 mm de ancho.
23. Rejilla para tarja, es un mantel calado en cuadrícula de plástico de 30x38 cm (ver la figura III.27).
24. Un pedazo de tul de 20x20 cm (ver la figura III.27).
25. Dos o tres bloques de cualquier material de 2 o 3 kg cada uno, en su momento se necesitan para prensar la brea (puede usarse un envase de agua o jugo de 5 litros lleno de agua, recuerda que 1 lt de agua es igual a 1 kg de agua).
26. Una navaja de cualquier tamaño (tipo cutter).

27. Papel periódico.
28. Una botella de cualquier tamaño de las que se usan para aplicar tintes (ver la figura III.30).
29. Un aparato de Ronchi (ronchímetro) en el **anexo B** se indica la forma de construirlo.
30. Una mesa de trabajo: que puede ser una mesa en un laboratorio de una escuela o de la cocina de la casa, una madera colocada en el lavadero del patio de servicio, un tabo o bien una cubeta de 18 litros, lo que mejor le acomode.

### III.1.2. Movimientos para el esmerilado y el pulido

Para esmerilar y pulir el espejo se requieren ciertos movimientos que a continuación se detallan, los movimientos que se necesitan son tres:

1. *Un movimiento circular* del espejo sobre la herramienta, como formando una espira o rizo alrededor de la herramienta como se muestra en la figura III.3. Para el trabajo del esmerilado del que vamos hablar más adelante, se coloca el espejo sobre la herramienta, con ello se logrará que el primero se haga cóncavo y el otro convexo.

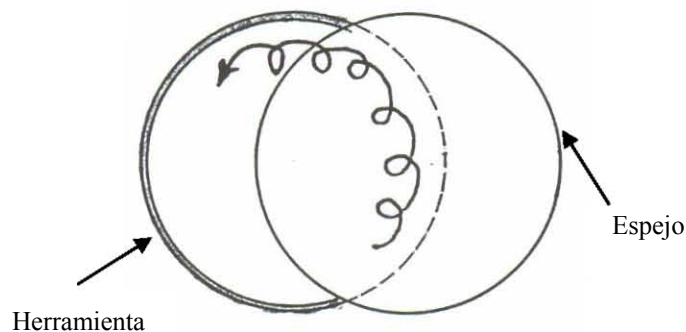


Fig. III.3. Movimiento en forma circular.

2. *Movimiento en forma de doble uve (W)* o también se le conoce como diametral se puede ver en la figura III.4. Sirve para que uno de los vidrios se haga cóncavo y el otro convexo. Sin embargo, lo usaremos para trabajos más detallados, por ejemplo en la prueba del contacto y en el pulido.



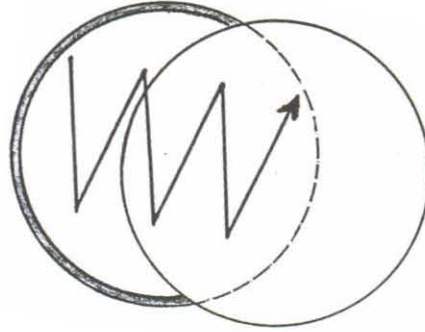


Fig. III.4. Movimiento en forma de W.

3. *Movimiento de rotación* de los vidrios, se gira el espejo sobre su mismo eje y en sentido contrario también se gira la herramienta como se ve en la figura III.5, es decir, los dos se giran al mismo tiempo. En el caso de que la mesa de trabajo sea de forma circular (un tambo, un bote, etc.) se puede sustituir el giro de la herramienta por el giro de la persona alrededor de la mesa de trabajo. Este movimiento de rotación de los vidrios es necesario para que el esmerilado o el pulido sean uniformes o iguales en toda la superficie y así evitar que se deforme o se desgaste sólo de un lado. Cabe aclarar que el tamaño del giro no se necesita cuantificar, lo importante es que siempre sea más o menos del mismo orden. Sin embargo, para aquellos aprendices que son un poco exigentes y quieren saber cuántos grados se tiene que girar, consideren un giro de  $60^\circ$  aproximadamente.

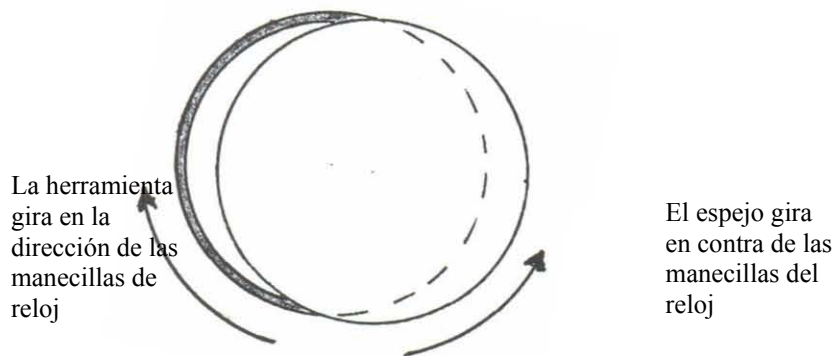


Fig. III.5. Movimiento en forma de giro.

Para los casos 1 y 2 que acabamos de describir se puede apreciar que un vidrio sale de la orilla respecto del otro una distancia de su radio cuando están en movimiento (fig. III.3 y

fig. III.4), por ello vamos a controlar la amplitud del movimiento clasificándolos en cortos, medianos y largos. En otras palabras, por ejemplo, se puede decir que para determinado trabajo se necesitan movimientos circulares cortos o movimientos en W medianos, etc., para aclarar lo que queremos decir se muestra la figura III.6. Aquí hemos representado el espejo en forma rayada y la herramienta aparece con un fondo oscuro, en adelante trataremos de usar esta nomenclatura.

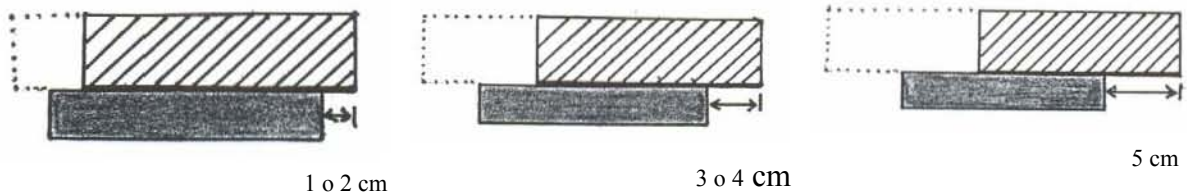


Fig. III.6. El esquema de la izquierda muestra un movimiento corto, el de en medio un movimiento mediano y el de la derecha es un movimiento largo.

Un *movimiento corto* significa que el espejo sale de la orilla de la herramienta entre 1 y 2 centímetros aproximadamente, un *movimiento mediano* quiere decir que el espejo sale respecto a la orilla de la herramienta entre 3 y 4 centímetros aproximadamente y un *movimiento largo* será cuando el espejo sale 5 centímetros aproximadamente.

Otro factor no menos importante, es la presión que se ejerce sobre el vidrio en el momento que se realizan los movimientos antes mencionados. Aunque el tratar de cuantificar la presión que se ejerce puede ser un poco subjetivo o no decir mucho, trataremos de hacer una clasificación en: poca, mediana y bastante.

Decimos que se ejerce *poca presión* cuando solamente actúa el peso del vidrio que se encuentra arriba, esto implica tomar por la parte lateral el vidrio que esta arriba y deslizarlo sobre el otro como se ve en la figura III.7.

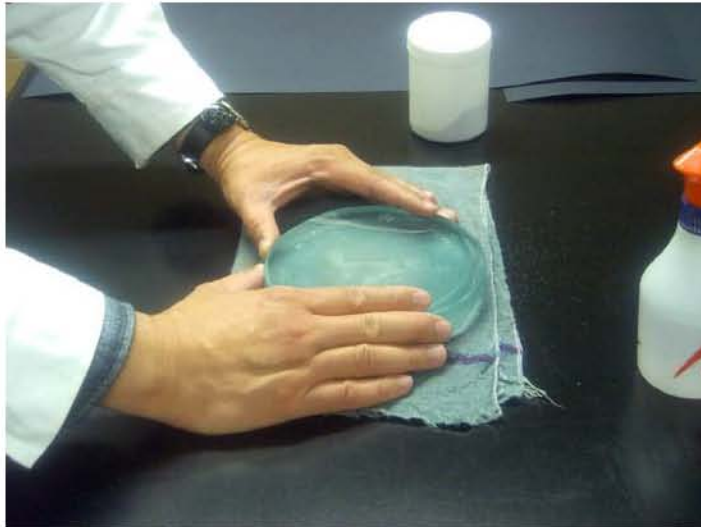


Fig. III.7. La presión que se ejerce en el vidrio de abajo se debe exclusivamente al peso del vidrio que está arriba.

Se ejerce una *presión mediana* cuando actúa sobre el vidrio que está arriba el peso de los brazos, lo que implica tomar por la parte lateral y superior el vidrio de arriba con la yema de los dedos como se ve en la figura III.8.



Fig. III.8. La presión se ejerce apoyando las yemas de los dedos sobre el espejo.

Para el caso de ejercer *bastante presión* es cuando actúa sobre el vidrio que está arriba todo el peso del cuerpo, esto implica apoyar las palmas de las manos en el centro de dicho vidrio como se ve en la figura III.9.



Fig. III.9. La presión se ejerce apoyando las dos manos en el centro del espejo.

Con esto tenemos una idea que cuando estemos trabajando con los vidrios es importante considerar: el tipo de movimiento, la amplitud del movimiento y la presión que se ejerce en los vidrios, a continuación describiremos en qué momento aplicaremos cada uno de ellos.

**Nota:** En todo este proceso sale material de desecho (abrasivo y vidrio molido) que tranquilamente sin ningún problema se puede echar al caño en el momento de lavar los vidrios; este material no tapa el caño.

### III.1.3. El esmerilado

El trabajo de esmerilado tiene como propósito transformar poco a poco la superficie plana del vidrio (espejo) en una superficie cóncava (fig. III.10). El abrasivo que vamos a utilizar para el esmerilado es el carburo de silicio. Se inicia con el grano más grueso, en este caso el carburo de silicio de núm. 80, después el núm. 120, así sucesivamente hasta llegar al grano

más delgado el núm. 400. El proceso de esmerilado requiere de un espacio exterior y luz del Sol. A continuación se describe el proceso.

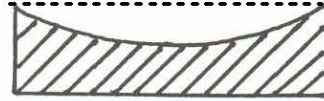


Fig. III.10. El esmerilado tiene como meta transformar el vidrio plano en uno cóncavo.

Lo primero que tenemos que hacer es mojar con agua de la llave la franela, exprimirla y colocarla sobre la mesa de trabajo, después doblarla en cuatro partes iguales. La herramienta se coloca sobre la franela<sup>2</sup>. En el centro de la herramienta ponemos una cantidad pequeña (media cucharadita) del abrasivo que vamos a usar, con la ayuda del aspersor se moja con agua este abrasivo sin que escurra (ver la fig. III.11), en seguida se pone el espejo sobre la herramienta y listo podemos empezar el esmerilado.

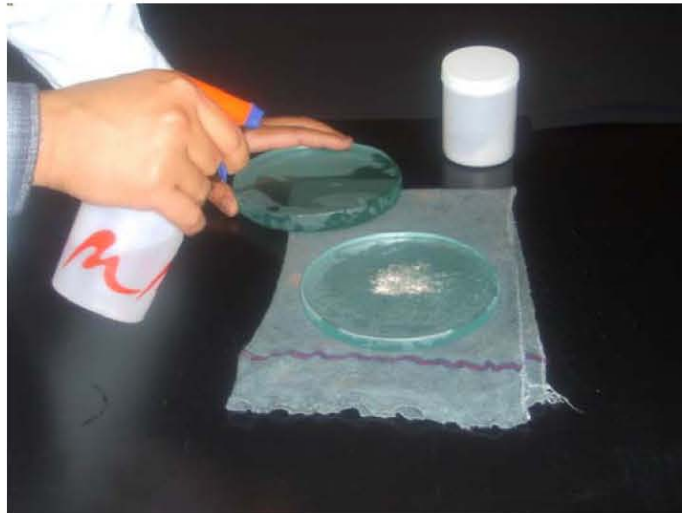


Fig. III.11. Agregando agua al abrasivo.

Como mencionamos antes el primer abrasivo del esmerilado es el **carburo de silicio del núm. 80**. El propósito de este abrasivo es transformar el vidrio (espejo) plano en cóncavo

---

<sup>2</sup> La franela mojada sirve para fijar la herramienta a la mesa de trabajo, esto evitará que la herramienta se deslice hacia el suelo en el momento de trabajar con ella y corra el riesgo de romperse.

hasta que su distancia focal sea de 170 cm aproximadamente. En el capítulo IV sección IV.3 se muestra una actividad experimental para medir la distancia focal de un espejo cóncavo, aquí aplicaremos lo aprendido en dicha actividad.

Este es el momento de empezar con este abrasivo. Una vez colocado el espejo encima de la herramienta apoyamos las dos manos en el centro del espejo para ejercer bastante presión. Al mismo tiempo, que se hacen movimientos circulares largos, es decir, que la orilla del espejo respecto a la orilla de la herramienta salga aproximadamente 5 cm. Después de trabajar durante 2 minutos, se debe girar la herramienta hacia un lado y en sentido contrario se gira el espejo<sup>3</sup>.

Este abrasivo es muy ruidoso en el momento que se esmerila. Cuando deja de escucharse ese ruido significa que el abrasivo se trituró, por lo que es necesario agregar otra cantidad igual de abrasivo y agregarle agua. En caso de que se vea que hay bastante abrasivo triturado en la herramienta, se recomienda lavar con agua los dos vidrios<sup>4</sup> (el abrasivo no tapa el caño) y ponerle nuevamente abrasivo.

Si se ejerce bastante presión sobre el espejo, el tiempo aproximado con este abrasivo es de 30 minutos. Al término de este tiempo vamos a notar que las caras que están en contacto se transforman, el espejo se hace cóncavo y la herramienta convexa (fig. III.12). Para darnos cuenta de esta transformación basta con colocar una regla de 30 cm de largo sobre las superficies esmeriladas, en el espejo notaremos un pequeño espacio en el centro del vidrio mientras que en la herramienta son las orillas las que están desgastadas.



Fig. III.12. El espejo se hace cóncavo mientras que la herramienta convexa.

<sup>3</sup> Nota: este movimiento de giro de los vidrios se usa en todo el proceso del esmerilado y pulido del espejo.

<sup>4</sup> Con toda seguridad se pueden lavar los vidrios y la franela en el fregadero y dejar que el abrasivo se vaya por el caño. El abrasivo triturado está hecho polvo por lo que no tapaná el caño.

Como ya lo hemos dicho, el trabajo con este abrasivo se termina cuando el espejo tiene una distancia focal de aproximadamente 170 cm. En el siguiente capítulo, se usa la luz de una vela, para medir la distancia focal del espejo cóncavo y proyectamos la imagen en una pantalla de cartulina. En particular, como nuestro vidrio aún no es un espejo y la cara esmerilada está muy opaca (difusa), la luz de la vela no es suficiente para obtener su reflejo por lo que es necesario usar la luz del Sol y en lugar de una cartulina necesitaremos de una pared de una casa, edificio o barda como pantalla.

Para medir la distancia focal<sup>5</sup> se usará el reflejo del Sol (PRECAUCIÓN: no se debe voltear a ver el Sol) como se describe a continuación (ver la fig. III.13):

- a) Lavamos bien el espejo echándole agua de tal manera que no le quede nada de abrasivo.
- b) Con el espejo mojado, buscamos el reflejo del Sol en alguna pared, de preferencia que se encuentre en la misma dirección del Sol.
- c) Colocándonos a 3 metros de distancia de la pared y acercándonos a ella a una distancia de 1 metro aproximadamente. Hay que observar lo que sucede con el tamaño del reflejo, que por cierto lo que se está viendo es la imagen del Sol. Seguramente lo que observaremos es lo siguiente: cuando está muy lejos de la pared la imagen es muy grande y difusa; conforme se acerca a la pared la imagen disminuye de tamaño y se hace más nítida hasta llegar el momento de obtener una imagen muy nítida pero pequeña. Cuando se sigue avanzando hacia la pared la imagen nuevamente se hace más grande y otra vez se vuelve hacer difusa.
- d) En el momento que observemos la imagen más pequeña (puede ser un círculo de 2 o 3 centímetros de diámetro), se mide la distancia que hay del espejo al punto donde está la imagen; esta distancia se conoce como la distancia focal. Realmente en esta etapa del proceso no importa mucho la precisión de la medida, pueden ser 5 cm más, o bien, 5 cm menos.

---

<sup>5</sup> La distancia focal (D.F.) de un telescopio newtoniano está relacionada con el diámetro (D) del espejo principal, como  $D.F. = 10D$  que se conoce como  $f/10$ . En este caso como el espejo tiene un diámetro de 15 cm implica que la D.F. ideal es de 150 cm. Sin embargo, puede quedar con una D.F. corta que estaría en el límite,  $D.F. = 8D$  como un  $f/8$ .

Regresando a la actividad experimental (sección IV.3), para medir la distancia focal del espejo cóncavo, ahí se acercaba y alejaba la pantalla, cuando la imagen era la más pequeña pero también la más nítida se tenía la distancia focal. En este caso no se puede acercar o alejar la pared, pero sí se puede caminar hacia atrás o hacia adelante con lo que tendrá el mismo efecto.

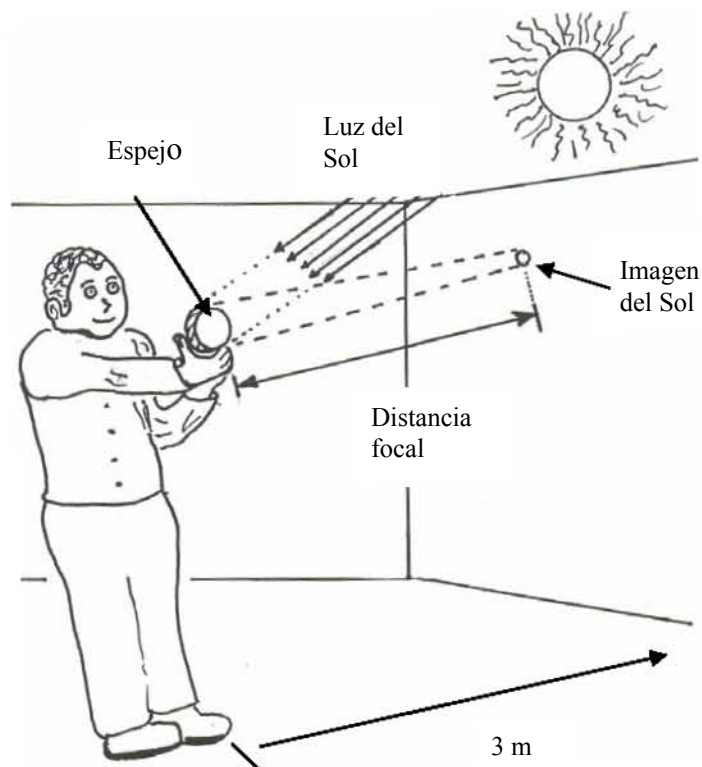


Fig. III.13. La distancia focal se mide reflejando la luz del Sol. Precaución: no voltear a ver el Sol.

Si la distancia focal es la esperada, se continua durante 5 minutos ejerciendo una presión mediana con movimientos circulares cortos. Que el espejo salga del orden de 2 cm respecto a la herramienta; este trabajo sirve para suavizar la curvatura.

En algunas ocasiones cuando se realiza esta prueba, encontramos que la distancia focal es menor que 150 cm (150 cm es la distancia focal que al final del esmerilado debe tener el espejo). No debemos preocuparnos si la distancia es corta, simplemente hay que invertir la posición de la herramienta y el espejo, en otras palabras, el espejo se coloca sobre la franela y se trabaja con la herramienta arriba. Este trabajo permitirá que el espejo disminuya su



concavidad teniendo como resultado que la distancia focal aumente. Pero también, puede ser que la distancia focal sea muy larga (más de 170 cm), entonces simplemente hay que seguir trabajando con el espejo encima por unos 15 minutos más.

Si la distancia es del orden de 170 cm, quiere decir que todo va bien y es momento de pasar al segundo abrasivo, **carburo de silicio del núm. 120** (siempre que se cambie de abrasivo hay que lavar con agua los vidrios y franela para que no quede polvo del abrasivo anterior). El propósito de este abrasivo es seguir haciendo cóncavo al vidrio hasta que tenga una distancia focal de 160 cm. Hay que continuar con los mismos movimientos que con el abrasivo anterior (circulares con el espejo arriba y girar la herramienta en un sentido y en el opuesto el espejo), pero ahora los movimientos circulares se reducen un poco, es decir, el espejo debe de salir 4 cm respecto a la orilla de la herramienta. También colocamos las manos en el centro del espejo y se trabaja durante 30 minutos. Después de este tiempo se mide la distancia focal del espejo (usando el reflejo del Sol). Si es aproximadamente 160 cm, continúe durante 10 minutos más, pero ejerciendo una presión mediana con movimientos circulares cortos, en otras palabras, que el espejo salga de la orilla de la herramienta 2 o 3 cm. Para este caso, cuando mida la distancia focal usando el reflejo del Sol, notará la imagen más brillante y nítida que la que observó con el abrasivo del núm.80.

Recuerde que si este abrasivo produce una distancia focal menor que 150 cm, lo único que debemos hacer es colocar el espejo sobre la franela y trabajar con la herramienta arriba; con esto el espejo será menos cóncavo y como consecuencia aumentará la distancia focal.

También recordemos que cuando se esmerila el abrasivo hace ruido, este es un indicador para saber en qué momento tenemos que agregar otra cantidad de abrasivo y ponerle agua. Si los vidrios se ven sucios por el abrasivo triturado se recomienda lavarlos con agua y seguir trabajando.

Ahora tenemos más práctica lo cual da seguridad con el movimiento de los vidrios. Si la distancia focal es de 160 cm entonces pasemos al tercer abrasivo, **carburo de silicio del núm.220** (siempre que cambie de abrasivo se lava con agua los vidrios y la franela para que

no quede grano del abrasivo anterior). El propósito de este abrasivo es hacer cóncavo el espejo hasta que la distancia focal sea de 150 cm y al mismo tiempo la superficie esmerilada se alise (ver la fig. III.14).



Fig. III.14. El espejo no pierde su concavidad ni la herramienta su convexidad.

Otra vez seguimos con los mismos movimientos que al principio (circulares con el espejo arriba y girar la herramienta en un sentido y en el opuesto el espejo), pero ahora los movimientos circulares son más cortos, el espejo debe de salir de la orilla de la herramienta sólo 3 cm. Durante 30 minutos se trabaja con el espejo encima ejerciendo una presión mediana, después verificamos (usando el reflejo del Sol) que la distancia focal sea de 150 cm. Si este es el caso, se continua trabajando por 15 minutos más pero con movimientos circulares cortos, que el espejo salga sólo 2 cm. Al término de este tiempo el espejo se lava con agua y se seca. Colocando el espejo hacia la luz de una lámpara o bien hacia la claridad de una ventana, con la ayuda de una lupa (10x) se revisa la superficie esmerilada del espejo (ver la fig. III.15). Notará que hay muchos huecos o irregularidades (como una rebanada de pan blanco). Si la superficie se ve uniforme, significa que el trabajo con este abrasivo está bien. En caso de que se encuentre alguna zona que presenta hoyos más grandes que en el resto del vidrio, se continúa con el mismo abrasivo hasta que desaparezcan.



Fig. III.15. Con la lupa se revisa la superficie del espejo.

Finalmente se esmerila con el último abrasivo, **carburo de silicio del núm. 400**(no olvidar limpiar y lavar con agua los vidrios y la franela). El propósito de este abrasivo es el de garantizar que: la distancia focal sea de 150 cm, la superficie esmerilada este lisa (pareja o uniforme) y que las dos superficies esmeriladas estén haciendo contacto en toda la superficie (la cara cóncava del espejo con la cara convexa de la herramienta). En esta etapa, se realizan los mismos movimientos que hemos venido haciendo (circulares con el espejo arriba y girar la herramienta en un sentido y en el opuesto el espejo), pero los movimientos circulares se reducen un poco, el espejo debe de salir 2 cm de la orilla de la herramienta. Durante 45 minutos se trabaja ejerciendo una presión media.

Este es el abrasivo más fino que se usa para el esmerilado por lo que tenemos que estar seguros de varias cosas:

- a) Que la distancia focal sea de 150 cm o un poco menos, digamos que entre 150 y 140 cm es aceptable.
- b) Que la superficie esmerilada esté uniforme, en otras palabras, que la superficie se vea lisa, se puede revisar con la lupa.
- c) Que las dos superficies, la cóncava del espejo y la convexa de la herramienta estén haciendo contacto en toda la superficie.

Para el inciso a) tenemos claro cómo corregir la distancia focal. Si es corta colocamos la herramienta arriba, en el caso contrario, el espejo va arriba. Se trabaja en ambos caso con movimientos circulares hasta que la distancia focal sea la deseada.

Para el inciso b) se observa la superficie esmerilada del espejo con una lupa. Si todo se ve igual o parejo está terminado. En caso contrario, se continua trabajando igual con el espejo arriba por unos 10 minutos más, hasta que desaparezcan los huecos grandes.

Lo que es novedoso es el inciso c). Para saber si las dos superficies están haciendo contacto, se aplica lo que se conoce como la “prueba del contacto”. Consiste en lo siguiente:

- Con un marcado de cera se dibuja un asterisco en toda la superficie esmerilada de la herramienta como se ve en la fig. III.16.

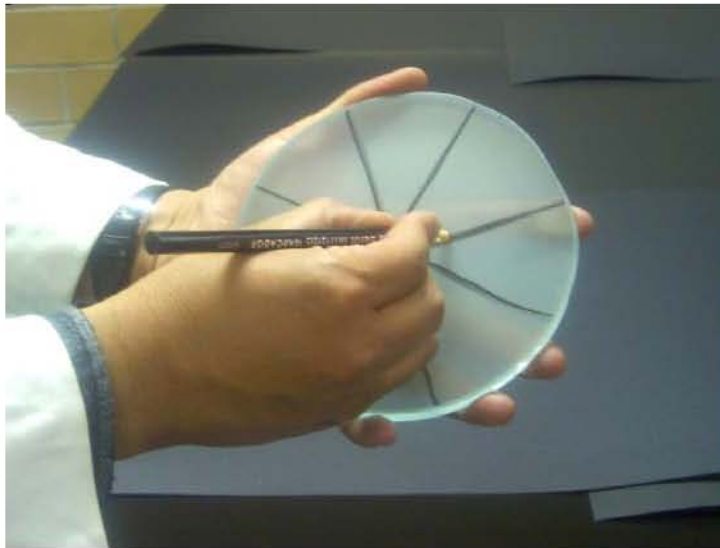
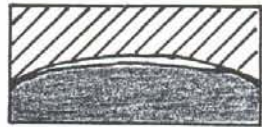
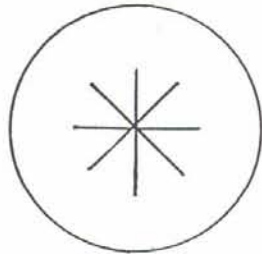


Fig. III.16. Para la prueba del contacto se dibuja un asterisco en la herramienta.

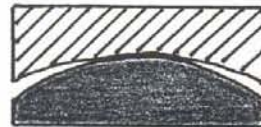
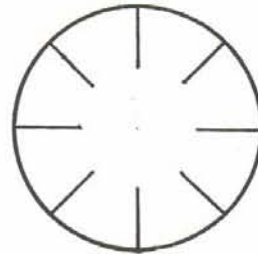
- Se coloca la herramienta sobre el espejo de tal manera que la cara convexa quede sobre la cara cóncava.
- Se presionan ambos vidrio entre sí, al mismo tiempo que se gira uno sobre el otro.

- Si las superficies tienen un contacto perfecto, entonces el asterisco se borrará de manera uniforme.

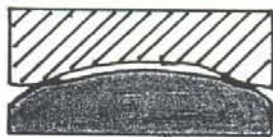
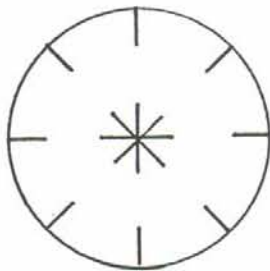
De la prueba de contacto se desprenden los siguientes casos:



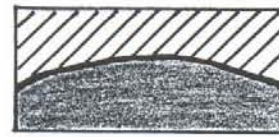
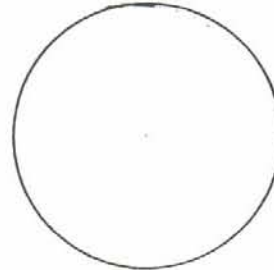
1. Borra la orilla



2. Borra el centro



3. Borra sólo una parte



4. Borra toda la superficie

Los problemas más comunes son el 1 y 2; la solución es la siguiente:

- Para el caso 1 se trabaja con la herramienta arriba, con movimientos diametrales de medianos a largos durante 15 minutos.

- Para el caso 2 se trabaja con la herramienta arriba con movimientos diametrales cortos durante 15 minutos.

El caso 3 no lo vamos a tratar aquí. En todo el tiempo que llevo construyendo telescopios nunca lo he visto, lo que significa que sea poco probable si aplicamos el procedimiento antes mencionado para el esmerilado.

Lo que se puede ver del caso 4 es que el contacto entre el espejo y la herramienta es el ideal, tienen un contacto perfecto, entonces el asterisco se borrará de manera uniforme.

Con esta prueba se termina el trabajo del esmerilado. Estamos listos para iniciar el pulido del espejo.

**Nota:** En ocasiones después del trabajo del esmerilado, los vidrios (espejo y herramienta) se desgastan de la orilla, es decir, el canto pulido que tenían inicialmente se pierde, por lo que la orilla de los vidrios adquiere filo. Si esto sucede, hay que esmerilar alrededor de la orilla con la piedra de carburo de silicio (fig. III.17). Esto se hace mojando la piedra y se esmerila hasta que nuevamente se le forme el canto. Es importante que los vidrios tengan el canto pulido, de lo contrario se puede despostillar la orilla y como consecuencia puede ocasionar una cortada en la mano o rayar la superficie del espejo.



Fig. III.17. Con la piedra de carburo de silicio se esmerila alrededor del vidrio para hacer el canto.

### III.1.4. El pulido

Desde el punto de vista práctico, podemos considerar que el pulido es un proceso de alisar o suavizar. Se transforma poco a poco la superficie cóncava difusa del espejo producto del esmerilado en una superficie lisa que mantiene la concavidad lograda a base de abrasivos pero con mayor calidad óptica (ver la figura III.18). Con el pulido casi no se desbasta el espejo por lo que no hay necesidad de medir la distancia focal, por lo que nos olvidamos del espacio exterior y del Sol (no está vetada la curiosidad de seguir revisando la distancia focal de el espejo, si así se desea).



Superficie esmerilada



Superficie pulida

Fig. III.18. El pulido termina con las imperfecciones que dejó el esmerilado.

El abrasivo que vamos a usar para el pulido son el óxido de aluminio y el óxido de cerio. Se inicia con el grano grueso y se termina con el grano más fino. En este caso iniciamos con óxido de aluminio del núm. 600, después el núm. 1200 y por último el óxido de cerio que es el más fino. A continuación se describe el proceso.

Antes de iniciar con el proceso del pulido, hay que lavar muy bien los vidrios con agua, limpiar el lugar de trabajo que no quede abrasivo del esmerilado y de preferencia cambiar la franela por otra nueva, para evitar que algún grano de carburo de silicio raye el espejo (recordemos que el grano del carburo de silicio es más grueso que el óxido de aluminio). Después mojamos con agua la franela, exprimimos y la colocamos sobre la mesa de trabajo, en seguida se dobla en cuatro partes iguales. La herramienta se coloca sobre la franela, en el centro de la herramienta ponemos un poco del abrasivo (1/4 de cucharadita) que vamos a usar, con la ayuda del aspersor mojamos con agua este abrasivo sin que escurra, posteriormente ponemos el espejo sobre la herramienta y listo podemos empezar el pulido.

Como acabamos de mencionar, el primer abrasivo del pulido es el **óxido de aluminio del núm. 600**. El propósito de este abrasivo es transformar el espejo difuso en una superficie más nítida o transparente, además de alisar la superficie esmerilada. Para lograrlo, trabajaremos durante 45 minutos con el espejo arriba y con movimientos circulares medianos, lo que quiere decir que el espejo debe de salir de la orilla de la herramienta aproximadamente 3 cm. En este trabajo ejercemos poca presión, después de esta rutina revisamos la superficie con la lupa; los hoyos que dejó el esmerilado en el espejo poco a poco tienen que disminuir. Si en la superficie se ven puntos grandes, hay que seguir trabajando de la misma manera por otros 15 minutos hasta que la superficie se vea uniforme.

Notaremos que este abrasivo no es tan ruidoso como el carburo de silicio, es bastante silencioso al trabajar y además rinde por mucho tiempo, lo que quiere decir que agregaremos abrasivo unas tres o cuatro veces en esta etapa.

Con el pulido hay que tomar la siguiente precaución: muchas veces los vidrios tiende a pegarse entre ellos, si este es el caso, ponemos una cantidad pequeña de agua al abrasivo (una rociada con el aspersor), porque tal vez le falte. Si el problema continua entonces necesita un poco de abrasivo. Si por algún motivo los vidrios quedaran pegados, colocaremos de canto los vidrios y con el mazo (un pedazo de madera puede servir) golpearemos en la herramienta (ver figura III.19), de esa manera lograremos separarlos, en seguida lavaremos los vidrios con agua.





Fig. III.19. Con el mazo de madera se golpea en la herramienta.

Una vez separados continuaremos trabajando hasta que la superficie cóncava esté más nítida al mismo tiempo que disminuyan las irregularidades.

En este momento pasamos al siguiente abrasivo **óxido de aluminio del núm. 1200**. El propósito de este abrasivo es dejar la superficie cóncava completamente lisa. En esta etapa, colocamos el espejo sobre la franela y trabajaremos con la herramienta arriba, pero ahora con movimientos en forma de W durante 45 minutos, de tal manera que la herramienta salga del borde del espejo aproximadamente 3 cm. Ejercemos poca presión sobre la herramienta, después de esta rutina revisaremos la superficie con la lupa. Seguramente veremos y sentiremos (al pasar el dedo por la superficie pulida) la superficie cóncava más lisa. Los orificios desaparecen por completo (recuerde que antes de empezar el pulido se veía como una rebanada de pan blanco). Para terminar continuaremos 10 minutos más pero con movimientos cortos, que salga la herramienta sólo 2 cm.

### III.1.5. La brea

Para terminar el pulido del espejo pasamos al **óxido de cerio**. El propósito de este abrasivo es dejar el espejo completamente transparente (igual de transparente que cuando lo compramos) y lo más importante, perfeccionar la superficie cóncava del espejo. En otras palabras, la superficie cóncava debe de corresponder a la superficie de una esfera.

Sin embargo, para trabajar con el óxido de cerio necesitamos usar una mezcla de brea con chapopote (que llamaremos *brea*) y que aplicaremos en la herramienta. Su preparación es la siguiente:

- a) En un recipiente (bote de metal de 900 ml con una agarradera) colocamos 300 gr de brea y 30 gr de chapopote (ver la fig. III.20). Calentamos a fuego lento (una parrilla eléctrica sería ideal) hasta que quede fundida por completo la brea y el chapopote.



Fig. III.20. La imagen muestra: recipiente, colador y agitador de madera.

- b) Pegamos la cinta adhesiva (de 24 mm de ancho) alrededor de la herramienta, como formando una cazuela (ver figura III.21). El fondo de esta cazuela es la cara convexa de la herramienta.



Fig. III.21. La cinta adhesiva se coloca alrededor de la herramienta.

- c) Colocamos el jabón de tocador en otro recipiente (recipiente de plástico de 450 ml), agregamos agua y con la ayuda de una brocha lo tallamos hasta que tenga mucha espuma (ver figura III.22).



Fig. III.22. Agregando agua al jabón y con una brocha se produce espuma.

- d) Construyamos un colador, usando un pedazo de media de nylon (un pedazo doble) y una armazón de metal (ver figura III.23).



Fig. III.23. El colador necesita de una media de nylon.

La armazón de metal se puede construir con un pedazo de fleje de 70 cm de longitud y con nueve pedazos de alambre de 3 cm cada uno (ver figura III.24). Cada lado incluyendo el puño es de 10 cm aproximadamente, y a lo ancho del fleje se hacen nueve perforaciones con una broca de 1/8" para colocar los pedazos de alambre. Un extremo del alambre se dobla con unas pinzas para fijarlo al fleje.

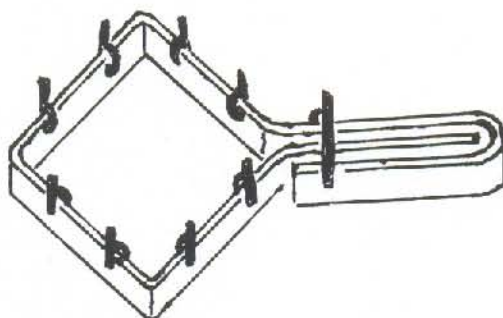


Fig. III.24. La estructura del colador se hace con seis dobleces del fleje.

La aplicación de la brea:

- a) Una vez fundida la brea y el chapopote, colocamos el colador en la herramienta (cazuela) y colamos la brea hasta que la cazuela quede casi llena, cuidando que no

se derrame (ver figura III.25). Hay que dejar que se enfríe y al mismo tiempo que se cuaje un poco.



Fig. III.25. Colando la brea en la herramienta.

- b) Para saber que la brea está cuajando, presionamos con un dedo la cinta adhesiva de la cazuela, si la deformación es mínima, prepararemos una especie de torta: colocamos una capa de la espuma del jabón sobre la brea (fig. III.26), siguiendo el mantel calado en cuadrícula de plástico (con la parte plana hacia arriba), otra capa de jabón, una tela de tul, más jabón y por último colocamos el espejo (con la cara pulida hacia la brea).



Fig. III.26. Colocando una capa de jabón en la brea.

- c) Con las dos manos ejercemos presión sobre el espejo de tal manera que la cuadrícula del mantel se grave en la breca (fig. III.27).



Fig. III.27. Esta torta se prepara con: la herramienta, breca, jabón, mantel, jabón, tul y el espejo.

- d) Por último hay que prensar la breca, con dos o tres bloques de 2 o 3 kilogramos (puede ser un par de ladrillos que estén limpios). Colocándolos sobre el espejo se deja prensada la breca hasta que se enfríe por completo (hasta que endurezca), aproximadamente 30 minutos (fig. III.28).



Fig. III.28. Hay que prensar la breca hasta que se enfríe por completo.

- e) Con cuidado quitamos los bloques, el vidrio y el mantel. Tomamos la herramienta y desprendemos la cinta adhesiva. Con una navaja recortamos el filo de la brea alrededor de la herramienta aproximadamente 1.5 centímetros (fig. III.29).



Fig. III.29. La brea se recorta alrededor de la herramienta.

- f) Por último lavamos con agua la herramienta y el espejo.

Ahora que ya se tiene lista la herramienta, lo que sigue es preparar el abrasivo óxido de cerio:

- a) Necesitamos la botella (aplicador de tintes) como se muestra en la figura III.30, divídela en cuatro partes iguales.
- b) Llenamos una  $\frac{1}{4}$  parte de la botella con óxido de cerio.
- c) Agregamos  $\frac{3}{4}$  partes de agua a la botella.
- d) Tapamos y agitamos la botella para que se obtenga una mezcla homogénea.



Fig. III.30. Óxido de cerio en una botella (aplicador de tintes) y la herramienta después del prensado.

Con esto, queda todo listo para iniciar el pulido final.

### III.1.6. El pulido final

Ahora podemos iniciar el pulido final. Algunas personas consideran esta etapa como la más divertida. No les contaré de qué se trata la diversión, porque estoy seguro que lo descubrirán.

El trabajo con el óxido de cerio es el siguiente:

Colocamos la herramienta sobre la franela (debe estar limpia), agregamos unas cuantas gotas del abrasivo (con la botella aplicador), a continuación ponemos el espejo con la cara pulida hacia la brea (ver fig. III.31). Trabajamos ejerciendo poca presión (sólo el peso de la herramienta) con movimientos circulares medianos y otras veces largos durante 30 minutos. Después con movimientos en W medianos y también combinando con movimientos largos durante otros 30 minutos.





Fig. III.31. Trabajando con óxido de cerio.

La siguiente hora, trabajamos con la misma rutina pero con la herramienta sobre el espejo. Así sucesivamente, a veces el espejo arriba, en otras la herramienta arriba, hasta que el espejo se ponga transparente y al mismo tiempo brillante. Este trabajo lleva aproximadamente de 5 a 6 horas.

El espejo se aclara desde los primeros minutos del pulido con el óxido de cerio; en la posición espejo abajo es normal que la orilla se pule más rápido que el centro; por el contrario, con el espejo arriba, el centro se pule más rápidamente que la orilla. Se tiene entonces una manera fácil para conducir el trabajo de manera regular sobre toda la superficie invirtiendo la posición del espejo y la herramienta, por ejemplo, una hora el espejo arriba, otra hora la herramienta arriba.

Cuando el espejo este transparente y liso, se pasa a la prueba de Ronchi.

### III.1.7. Prueba de Ronchi

La prueba de Ronchi tiene el propósito de analizar la superficie pulida del espejo, en otras palabras, indica si la superficie corresponde a una esfera, que es la meta deseada (el sueño de muchos).

Dependiendo de los resultados de esta prueba, sabemos la forma en que se debe pulir el espejo, es decir, se puede corregir algún defecto que se ocasionó durante la etapa de esmerilado o del pulido.

La prueba de Ronchi (la construcción del ronquímetro aparece en el **anexo B**) se muestra en la figura III.32. Consiste en iluminar el espejo (no hay necesidad de mojar) con un haz colimado que emite un foco. El espejo refleja la luz hacia una malla (rejilla de difracción), por esta malla se coloca el ojo para observar la imagen.

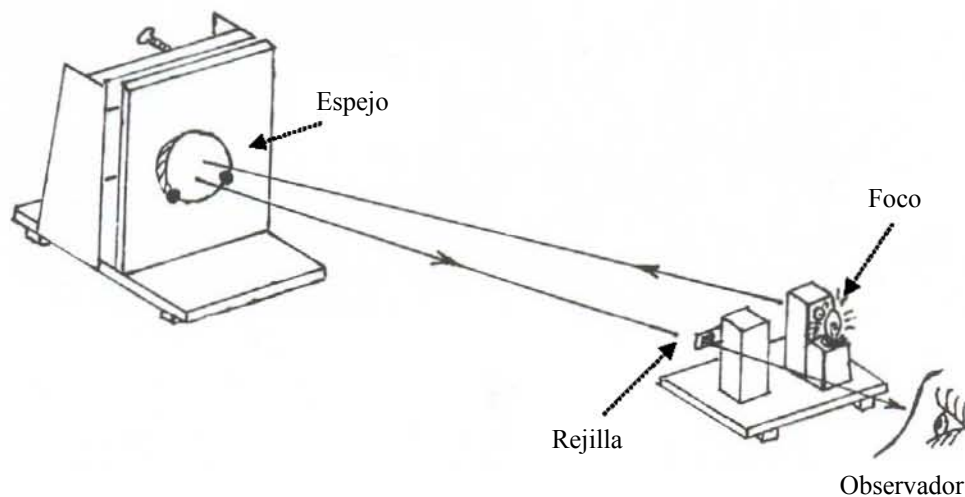


Fig. III.32. Prueba de Ronchi.

Nuevamente vamos hacer referencia a la sección II.3 del capítulo anterior, recordemos el caso en que el objeto se encuentra a una distancia  $2F$  ( $F$  es el foco del espejo cóncavo) como lo muestra la figura II.29. Resulta que para este caso la imagen se encuentra a la misma distancia que el objeto. En la prueba de Ronchi vamos a usar este caso. La analogía es la siguiente: en lugar de una vela tenemos un foco, en lugar de una pantalla lo que se tiene es la malla (podemos usar una pantalla para localizar fácilmente la imagen del foco pero después la proyectamos a la malla), con la diferencia que hay que ver la imagen a través de ella. Cuando la imagen llega a la malla lo que tenemos que hacer es mover hacia delante y hacia atrás la malla hasta que la imagen sea nítida (el mismo efecto de mover la pantalla para localizar la imagen cuando usamos el espejo cóncavo)

Las posibles imágenes que se obtienen con la prueba de Ronchi son:

*1. Superficie ideal o terminada (fig. III.33).*

La imagen presenta unas líneas de luz verticales, paralelas e iguales de anchas en el espejo lo que significa que la superficie está terminada (espejo esférico). Aunque parezca increíble, si este es el caso terminamos el trabajo con el espejo, lo que sigue es cuidarlo y guardarlo.

En la mayoría de los casos, puede ser que casi estén verticales o que le falte muy poco, si este es el caso hay que continuar trabajando con la herramienta arriba, usando el movimiento diametral: corto o mediano. Este trabajo puede llevar algunos minutos. Lo mejor será tomar rutinas de 10 o 15 minutos y después de este tiempo realizar la prueba de Ronchi para conocer el avance. Si observamos que ha mejorado considerablemente, la rutina se puede reducir a 5 minutos.

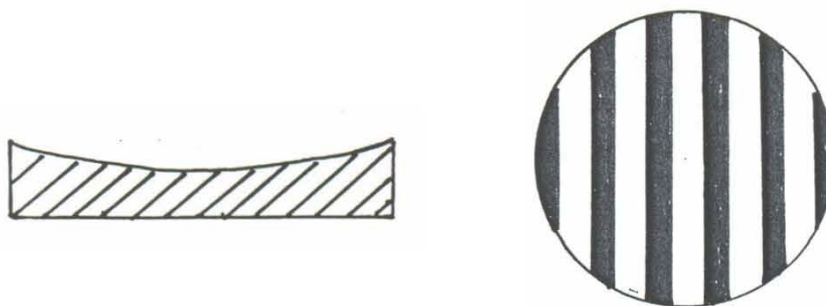


Fig. III.33. Superficie ideal.

*2. Orilla caída o desgastada del espejo (Fig. III.34).*

La imagen presenta anillos delgados de luz alrededor del espejo lo que significa que la orilla está desgastada. Para corregir este problema, trabajaremos con la herramienta arriba, usando el movimiento diametral corto y ejerciendo poca presión. Dependiendo de qué tan desgastada esté la orilla, este trabajo puede llevar algunas horas. Lo mejor será tomar rutinas de 30 minutos y después de este tiempo realizar la prueba de Ronchi para conocer el avance. Si notamos que ha mejorado la superficie del espejo, la rutina se puede reducir a 10 o 15 minutos.

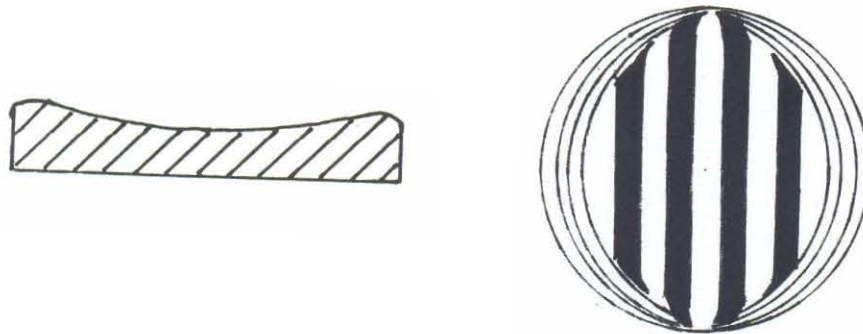


Fig. III.34. Orilla caída o desgastada.

3. *Centro levantado del espejo* (fig. III.35).

La imagen presenta un disco o bulbo oscuro con una línea de luz en el centro del espejo y sus demás líneas presentan deformación hacia a fuera y otras hacia adentro, lo que significa que tiene una elevación central (como un chipote).

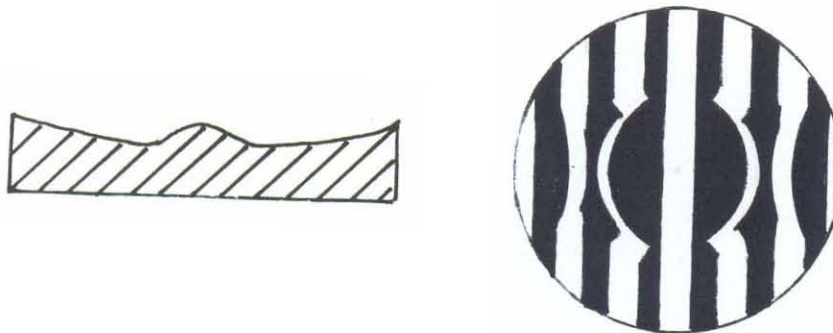


Fig. III.35. Elevación central.

Para corregir este problema, trabajaremos con la herramienta arriba, usando el movimiento diametral: en el centro largos y en la orilla cortos (ver figura III.36) y poca presión. Dependiendo de qué tan pronunciado esté la elevación central, este trabajo puede llevar algunas horas. Lo mejor será tomar rutinas de 30 minutos y después de este tiempo realizar la prueba de Ronchi para conocer el avance. Si nos damos cuenta que ha mejorado la imagen, la rutina se puede reducir a 10 o 15 minutos.

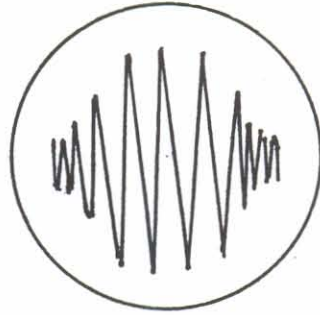


Fig. III.36. El movimiento diametral corto en la orilla y largo en el centro ayudan a desgastar el centro.

4. *Hoyo o hundimiento central en el espejo* (fig. III.37).

La imagen presenta un ojo grande de oscuridad y una línea de luz en el centro del espejo lo que significa que tiene un hundimiento en el centro (como un hoyo).

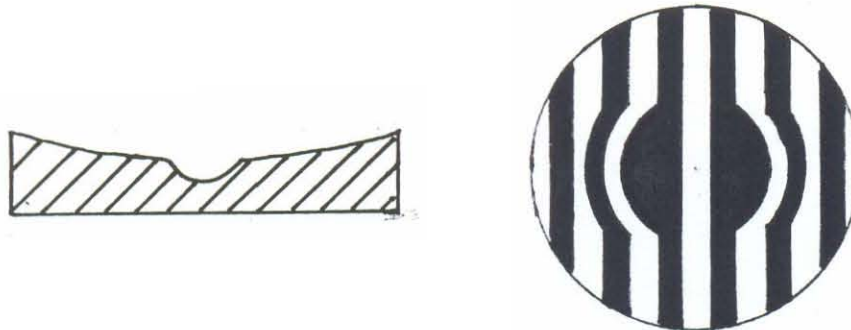


Fig. III.37. Hoyo o hundimiento central.

Para corregir este problema, trabajaremos con la herramienta arriba, usando el movimiento diametral: en el centro cortos y en la orilla largos (ver figura III.38) y ejerciendo poca presión. Dependiendo de qué tan profundo esté el hundimiento central, este trabajo puede llevar algunas horas. Lo mejor será tomar rutinas de 30 minutos y después de este tiempo realizar la prueba de Ronchi para conocer el avance. Si percatamos que ha mejorado el espejo, la rutina se puede reducir a 10 o 15 minutos.



Fig. III.38. El movimiento diametral largo en la orilla y corto en el centro ayuda a desgastar la orilla.

Tres casos especiales:

*1. Espejo elíptico o elipsoide.*

Si el espejo presenta una imagen como la que se muestra en la figura III.39, el problema se puede corregir fácilmente. Para corregir este problema, trabajaremos con la herramienta arriba, usando movimientos circulares: medianos o largos. Dependiendo de qué tan elíptico esté el espejo, este trabajo puede llevar algunos minutos. Lo mejor será tomar rutinas de 10 o 15 minutos y después de este tiempo realizar la prueba de Ronchi para conocer el avance. Si observamos que ha mejorado considerablemente, la rutina se puede reducir a 5 minutos.



Fig. III.39. Espejo elíptico.

## *2. Espejo parabólico o paraboloidal.*

Si el espejo presenta una imagen como la que se muestra en la figura III.40, puede ser que esté terminado. Si la distancia focal es corta, digamos entre 120 y 140 cm se acepta que el espejo sea parabólico, lo que implica nuevamente que el siguiente paso sea guardarlo y cuidarlo.

En el caso de que la distancia focal del espejo sea corta, lo óptimo es un espejo parabólico. Para lograr esta tarea, trabajaremos con el espejo arriba, usando movimientos diametrales largos. Dependiendo de la parábola que necesite el espejo, este trabajo puede llevar algunos minutos. Lo mejor será tomar rutinas de 10 o 15 minutos y después de este tiempo realizar la prueba de Ronchi para conocer el avance. Si notamos que ha mejorado la superficie del espejo, la rutina se puede reducir a 5 minutos.



Fig. III.40. Espejo parabólico.

## *3. Espejo esférico.*

Si el espejo presenta una imagen como la que se muestra en la figura III.41, puede ser que esté terminado. Si la distancia focal es larga, digamos entre 140 y 160 cm se acepta que el espejo sea esférico, lo que implica nuevamente que el siguiente paso sea guardarlo y cuidarlo.

En el caso de que la distancia focal del espejo sea larga, lo óptimo es un espejo esférico. Para lograr esta tarea, trabajaremos con el espejo arriba, usando movimientos diametrales de cortos a medianos. Dependiendo de la esfera que necesite el espejo, este trabajo puede llevar algunos minutos. Lo mejor será tomar rutinas de 10 o 15 minutos y después de este

tiempo realizar la prueba de Ronchi para conocer el avance. Si nos damos cuenta que ha mejorado la imagen, la rutina se puede reducir a 5 minutos.

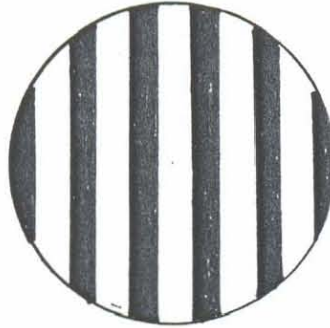


Fig. III.41. Espejo esférico.

Ahora ya saben de la diversión y la emoción que significa pulir un vidrio cóncavo para un telescopio newtoniano. ¡Felicidades!. Se puede decir que la construcción del telescopio va por buen camino.

### III.1.8. Aluminizado

El proceso de aluminizado tiene como propósito transformar el vidrio cóncavo pulido en un espejo. En otras palabras, el aluminizado consiste en colocar una película delgada de aluminio en el vidrio que hemos terminado de pulir y que sabemos que tiene una superficie óptica de alta precisión.

Describiremos brevemente la técnica del aluminizado sólo para satisfacer la curiosidad del lector porque no la llevaremos a cabo debido a que exige un material costoso. Afortunadamente hay lugares que son expertos en la aluminización por evaporación en el vacío, que por una cómoda cantidad de dinero lo hacen con gusto; la Sociedad Astronómica de México por ejemplo.

La técnica, debida en gran parte a John Strong (1931) consiste en evaporar en el vacío pequeñas cintas de aluminio muy puro, colocadas sobre un filamento de tungsteno en forma



de hélices y calentados por el paso de una corriente eléctrica. El aluminio se funde; se forma una gotita que moja el tungsteno sin peligro de caer; el aluminio se evapora en seguida sobre las partes más calientes del filamento (1 200° C). Si el recorrido libre molecular medio es del orden de magnitud del diámetro del recinto en que se hace el vacío (lo que ocurre para un vacío elevado del orden de  $10^{-4}$  ó  $10^{-5}$  milímetros de mercurio), la invisible niebla de átomos de aluminio alcanza directamente la superficie a tratar y se condensa bajo la forma de una delgada capa metálica de espesor bien uniforme que reproduce fielmente el estado de la superficie del vidrio ópticamente pulido, sin ninguna semejanza con el metal aluminio macizo pulido mecánicamente. Las hélices del filamento de tungsteno de 7/10 de milímetro son calentadas por una diferencia de potencial de 10 a 20 voltios generando una corriente de algunas decenas de amperes. Un tiempo de evaporación de 10 a 20 segundos basta para obtener una capa opaca del orden de 1/10 de micrón.

La aluminización por evaporación en el vacío, proporciona capas reflectoras realmente impecables sin pulimentado posterior; el metal reproduce sin difusión sensible, el estado de la superficie del vidrio mismo. La uniformidad del espesor se obtiene con la adopción de precauciones elementales y con una precisión tal, que los exámenes ópticos más sensibles no muestran ninguna alteración de la forma. El poder reflector del aluminio en el espectro visible no pasa del 88 %, lo que no constituye una grave desventaja con respecto a la plata (92 %), excepto quizá en lo referente a las radiaciones infrarrojas, que no son tan bien reflejadas y que hacen al espejo más sensible a los efectos térmicos, por ejemplo en el caso de observaciones solares. Por el contrario, en el ultravioleta, el poder reflector es mucho más elevado que el de la plata y esta ventaja se extiende también a las radiaciones visibles de corta longitud de onda (violeta y azul) cuando la plata comienza a sulfurarse. La resistencia de los aluminizados a la intemperie es muy grande; se forma una capa de alúmina transparente muy dura (corindón) que demora considerablemente los intercambios químicos, aun en el aire húmedo. Se estima que un aluminizado rinde un buen servicio durante 5 años. La principal causa de destrucción, como en el caso de la plata, proviene del polvo graso y de los inevitables depósitos sobre un espejo no protegido que terminan por provocar una luz difusa sensible. La superioridad del aluminizado, en este aspecto, es la de resistir bastante bien cuando se necesita lavar el espejo.

Con esta etapa ponemos fin al trabajo del espejo principal del telescopio y podemos pasar a la elaboración del espejo secundario.

Sin embargo, hay que tener cuidado del aluminizado para después de las primeras observaciones. Es conveniente quitar el polvo con una ligera limpieza con pincel y evitar especialmente todo frotamiento con un trapo o gamuza. Particularmente en el caso de un depósito de rocío o de vapor es necesario aguardar la evaporación después de una aclimatación del espejo sin tratar de frotar. El aluminizado resiste bastante bien la humedad, pero debe evitarse la repetición muy frecuente de un ciclo de condensaciones y evaporaciones, sobre todo en las cercanías del mar. El polvo es otra causa de destrucción; cuando el telescopio no se usa, hay que colocar una cubierta o tapa en la entrada del tubo. Es conveniente dejar el instrumento con el tubo horizontal para evitar el polvo grasoso más pesado, que el pincel no haría sino extender. Después de uno o dos años de servicio, la superficie está, por lo general, notablemente manchada y difunde bastante luz. No obstante, el aluminio conserva su poder reflector y permanece utilizable después de lavar el espejo en agua jabonosa (preferentemente con jabón neutro); se sumerge por completo el vidrio en el agua; se pasa ligeramente y sin insistir un trozo de algodón impregnado de jabón; se enjuaga cuidadosamente toda traza de jabón con un nuevo algodón dentro de agua pura; es necesario secar rápidamente. El poder reflector se mantendrá elevado si el espesor original del aluminio era suficiente para conservar la opacidad no obstante la formación de una película de alúmina cada vez más gruesa; sin embargo los depósitos difusores acabarán por resultar molestos, si se desea un instrumento realmente de primer orden. Cuando la película de aluminio esté maltratada o deteriorada, simplemente se tiene que mandar aluminizar nuevamente.

### III.2. Espejo secundario

Otra de las partes ópticas del telescopio igual de importante que el espejo principal es el espejo secundario o diagonal (fig. II.11). La función del espejo secundario como se mencionó en la sección II.2.2 es para reflejar la imagen a  $90^\circ$  respecto al eje focal del espejo principal; esto se logra con la intersección del eje focal con el espejo secundario a  $45^\circ$ . Para

que la imagen reflejada sea lo más perfecta posible, la superficie del espejo secundario debe ser verdaderamente plana, para no deteriorar la calidad de la imagen del espejo primario.

Su construcción es mucho más sencilla y menos laboriosa que la del espejo cóncavo. Para empezar este espejo secundario es un espejo plano con su contorno en forma de elipse<sup>6</sup>. Su construcción tiene varias etapas: tamaño, prueba de planicidad, forma (esmerilado de su contorno), posición entre el espejo principal y el ocular, y aluminizado. Las describiremos en las siguientes secciones.

### III.2.1. Material para la construcción del espejo

Para iniciar la construcción del espejo secundario se necesita el siguiente material:

- a. Una docena de vidrios rectangulares de 3.3x4.7 cm de 6 mm de espesor.  
Para ahorrar tiempo y trabajo en estar haciendo plano el espejo secundario, se compran varios vidrios en lugares diferentes (cuatro vidrios en cada vidriería); esperemos que por lo menos 1 de estos 12 vidrios sea perfectamente plano. Al comprar los vidrios en lugares diferentes se garantiza que provienen de hojas diferentes (con la esperanza de que una de ellas no esté torcida). Así se tiene más probabilidad de que al menos un vidrio pase la prueba de planicidad.
- b. Una lámpara de escritorio.
- c. Un foco fluorescente de luz blanca de 15 watt (también se le llama foco ahorrador de energía).
- d. Una hoja de papel albanene tamaño carta.
- e. Una cartulina negra de 10x10 cm.
- f. Un pliego de papel bond.
- g. Un par de escuadras graduadas grandes.

*El siguiente material ya lo tenemos, lo usamos para el espejo principal, en la sección III.1.1.*

- h. Cinta adhesiva.

---

<sup>6</sup> La forma elíptica se debe a que se obtiene con la intersección de un cono circular recto de luz y un plano que corta a este a 45° respecto a la base del cono. Con esta forma, la superficie de obstrucción es mínima al paso de la luz que recibe el espejo cóncavo del astro.

- i. Piedra de carburo de silicio de grano mediano.
- j. Navaja (tipo cutter)

### III.2.2. Tamaño y forma del espejo

El tamaño o dimensiones del espejo secundario se pueden determinar por dos métodos: gráfico y teórico. Para aplicar cualquiera de los dos métodos necesitamos los siguientes datos:

- Diámetro del espejo principal (D): 15 cm
- Distancia focal del espejo principal (F): 150 cm
- Radio exterior del tubo de PVC de 8" que se usará en el telescopio ( $r_{\text{ext}}$ ): 9.95 cm
- Altura del portaocular cuando se encuentra en su máximo recorrido (h): 11 cm (para el portaocular que estamos proponiendo)
- Campo útil<sup>7</sup> para la distancia focal de este espejo principal (d): 1.4 cm

La distancia a la que se encuentra el espejo secundario a partir del punto focal<sup>8</sup> se representa como  $f = h + r_{\text{ext}}$  que más adelante usaremos para fines prácticos.

Para el *método gráfico*, hay que hacer un croquis a escala del telescopio (fig. III.42), directamente de aquí se pueden saber sus proporciones al milímetro. El croquis se dibuja en el papel bond.

---

<sup>7</sup> El campo útil para la mayor parte de las observaciones visuales es suficiente con el diámetro de la Luna que vale angularmente  $31'$ , equivalente en el plano focal a un diámetro lineal de 9 milésimos de la distancia focal. Recordar que  $1' = 2.909 \times 10^{-4}$  rad.

<sup>8</sup> En general, la interposición de todo aparato accesorio que tienda a acortar el tubo, impone más grandes distancias libres y como consecuencia, espejos planos secundarios más grandes.

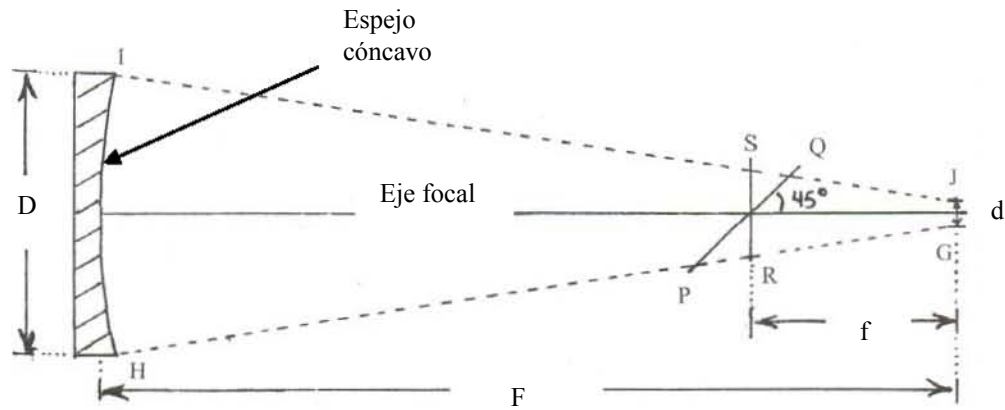


Fig. III.42. El esquema muestra la forma de medir directamente las dimensiones del espejo secundario.

La luz que recibe el espejo cóncavo la refleja formando un cono de luz GHIJ cuyo vértice es el punto focal. A la distancia  $f$  se traza una recta a  $45^\circ$  respecto al eje focal de tal manera que corte el cono de luz en los puntos P y Q. El segmento PQ corresponde al eje mayor (M) de la elipse. Ahora se traza una recta perpendicular al eje focal que pase por  $f$  hasta que corte el cono de luz en los puntos R y S. El segmento RS corresponde al eje menor (m) de la elipse, como se ve en la figura III.43. Finalmente con el método gráfico basta medir con una regla el eje M y m.

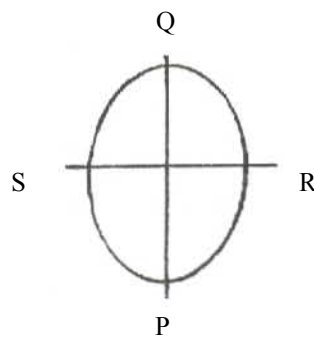


Fig. III.43. El espejo secundario tiene la forma de una elipse.

Este método parece un poco tedioso, sin embargo el croquis se puede utilizar más adelante para colocar las demás partes ópticas con sus monturas o soportes (fig. III.44), lo cual resulta una ventaja, porque con toda seguridad sabremos dónde perforar el tubo, por ejemplo.

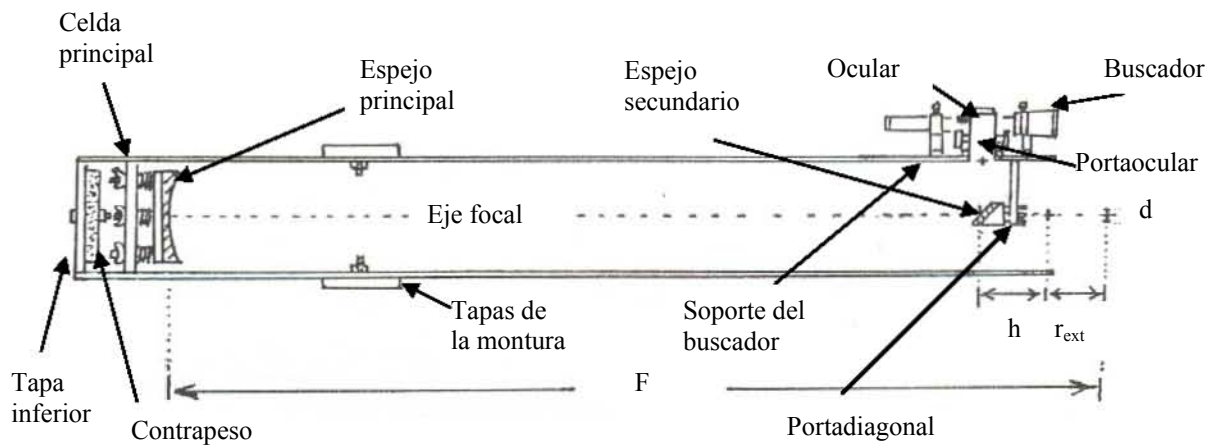


Fig. III.44. Sistema óptico y partes del telescopio.

El *método teórico*, es otra forma de conocer las dimensiones del espejo secundario. A partir de la figura III. 42 se puede obtener la figura III.45.

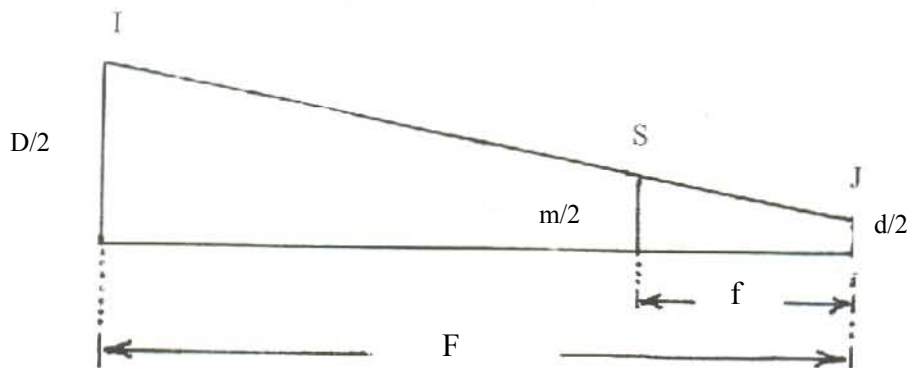


Fig. III.45. Usando la simetría que tiene respecto al eje focal.

Si ahora subimos el eje focal de tal manera que pase por J, se tiene la figura III.46.

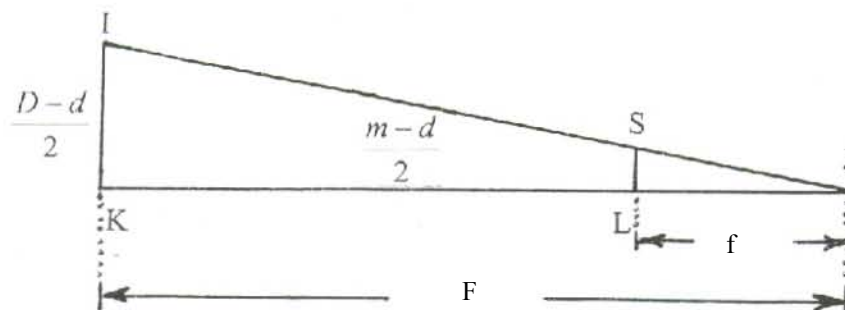


Fig. III.46. Triángulos rectángulos semejantes.

Como el  $\Delta JKI$  es semejante al  $\Delta JLS$  entonces se tiene

$$\frac{\frac{D-d}{2}}{F} = \frac{m-d}{f} \dots\dots\dots \text{III.1}$$

Simplificando y despejando m de la ecuación III.1 se tiene

$$m = \frac{f(D-d)}{F} + d \dots\dots\dots \text{III.2}$$

donde:

m: eje menor de la elipse

D: diámetro del espejo principal

F: distancia focal del espejo principal

d: campo útil

f: distancia a la que se encuentra el espejo secundario a partir del punto focal

Por otro lado, se puede conocer la relación que hay entre M y m, considerando un cilindro de diámetro igual a m. Si en el cilindro se hace un corte a  $45^\circ$  se puede ver que la elipse tiene la siguiente característica (fig. III.47).

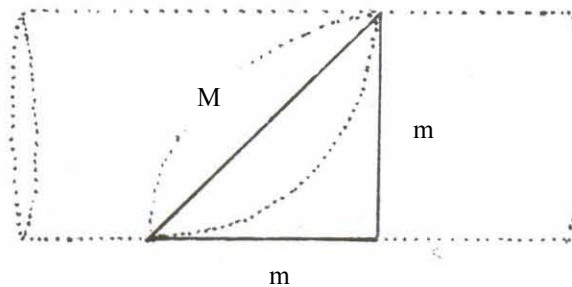


Fig. III.47. Forma del espejo secundario.

La relación que hay entre el eje mayor (M) y eje menor (m) es

$$M = 2m = 1.414m$$

..... III.3

Con la ayuda de las ecuaciones III.2 y III.3 tenemos las dimensiones del espejo secundario por el método teórico.

Por último es importante aclarar que independientemente del método que se elija el resultado tienen que ser el mismo. En particular, para un espejo principal con diámetro de 15 cm y una distancia focal de 150 cm, el espejo secundario tendrá las siguientes dimensiones: eje menor  $m = 3.3$  cm y eje mayor  $M = 4.7$  cm. Con esto se justifica que los vidrios que se tienen que comprar sean rectangulares de  $3.3 \times 4.7$  cm.

### III.2.3. Prueba de Planicidad

Ahora que tenemos claro el tamaño y la forma del espejo diagonal pasemos a la prueba de planicidad que también se conoce como prueba de Newton. Es una prueba óptica que tiene como propósito saber si una superficie es perfectamente plana. Con esta prueba averiguaremos si los pequeños vidrios ( $3.3 \times 4.7$  cm) cumplen la prueba de planicidad.

La prueba de Newton requiere de luz monocromática o de luz difusa (se puede usar un vidrio esmerilado o papel albanene con un tubo fluorescente, foco de neón, arco de mercurio, etc.) y de un vidrio patrón en el que se tiene la seguridad de que es plano. Sin embargo, cuando no se cuenta con un vidrio patrón (que puede ser el caso) podemos conocer si dos vidrios son ópticamente planos. Para saberlo hay que limpiar muy bien los vidrios, la selección se hace por pares. Colocando sobre un fondo negro (cartulina de color negro) un vidrio encima de otro y se observa a través de ellos, por reflejo, iluminándolos con la lámpara de escritorio usando un foco fluorescente y colocando la hoja de papel albanene en la parte inferior de la lámpara (fig. III.48).



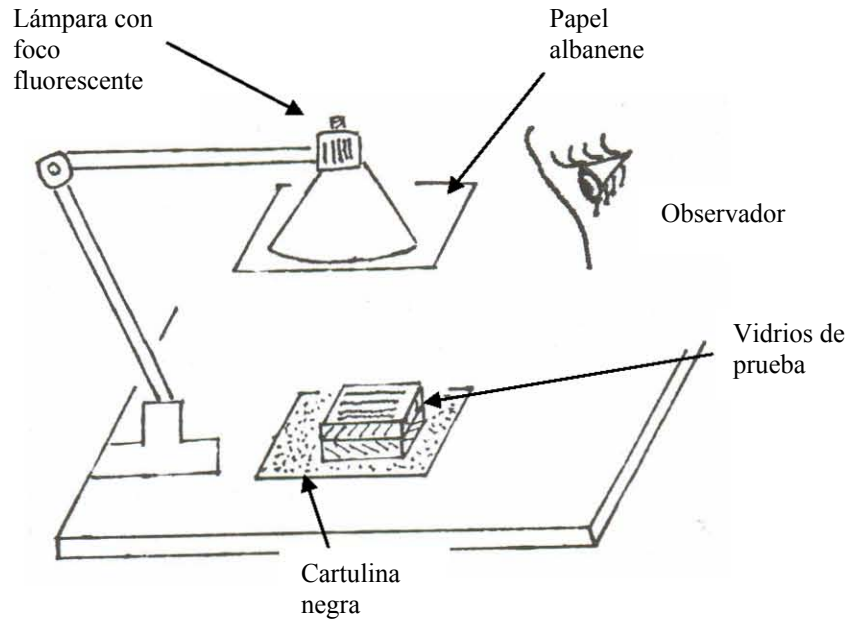


Fig. III.48. Dispositivo para llevar a cabo la prueba de Newton.

Cuando alguna de las caras, o las dos, no son planas, en su reflejo se distingue un conjunto de líneas curvadas de variadas formas (fig. III.49). Se descubre la curvatura de las dos superficies al deslizar o girar suavemente el vidrio de arriba: así, una curva determinada se trasladará según el movimiento del vidrio de encima, o bien queda fija.

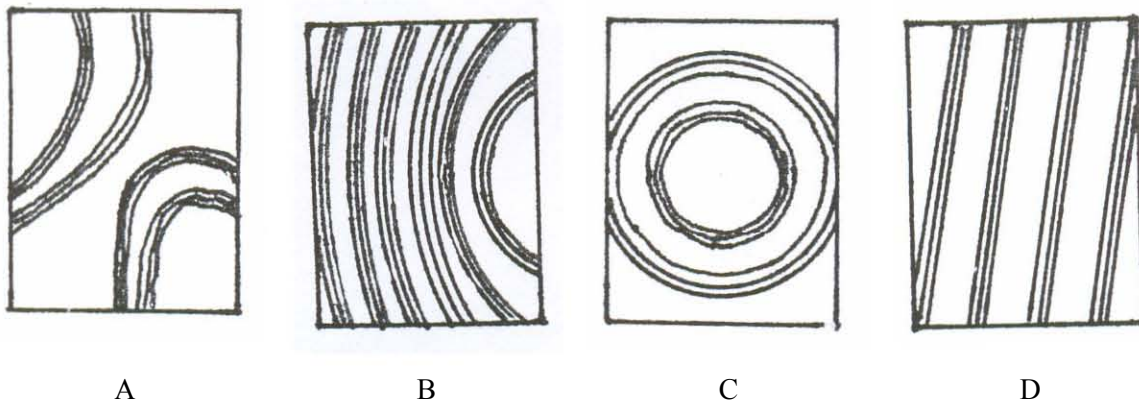


Fig. III.49. Prueba de Newton entre dos vidrios planos.

Los mismos vidrios examínense por la otra cara, puede encontrarse una mejor superficie que se acerque a la planicidad.

Si los vidrios están suficientemente planos (fig. III.49 D), aparecen líneas rectas o casi rectas paralelas y equidistantes, que al presionar sólo cambien su orientación y anchura sin perder el paralelismo. Hágase un deslizamiento suave y gire un vidrio respecto al otro, si el aspecto no cambia, ahí hay dos superficies de perfecta planicidad. Conviene probarlos unos contra otros hasta encontrar los más perfectos.

El vidrio que pasó la prueba de planicidad sólo resta mejorar su contorno con la piedra de carburo para ajustarlo al tamaño y forma ya indicados.

### III.2.4. Trazo de la elipse

Para que el espejo secundario tome la forma de una elipse hay que dibujar dicha curva en la superficie del vidrio que resultó verdaderamente plano. Para ello colocamos cinta adhesiva en la superficie plana y sobre dicha cinta dibujamos una elipse con eje mayor  $M$  y eje menor  $m$ .

Para dibujar una elipse hay que recordar que:

- El eje mayor  $M = 2a$
- El eje menor  $m = 2b$
- La relación entre los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $c$  es  $a^2 = b^2 + c^2$  .....III.4
- El lado recto  $LR = 2b^2/a$  .....III.5

el lado recto es una cuerda que es perpendicular al eje focal y pasa por el foco, como la elipse tiene dos focos entonces tiene dos lados rectos.

La forma más fácil de dibujar una elipse es trazando sus vértices ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $A_1$  y  $A_2$ ), sus focos ( $F_1$  y  $F_2$ ) y sus lados rectos como se muestra en la siguiente figura III.50. La curva pasa por los vértices y por los extremos del lado recto.

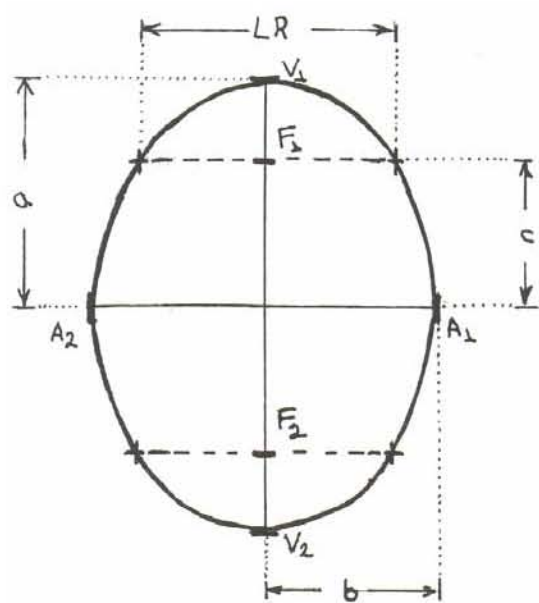


Fig. III.50. Gráfica de una elipse.

Análogamente se traza la elipse en el vidrio del cual tenemos la seguridad que es perfectamente plano (fig. III.51).

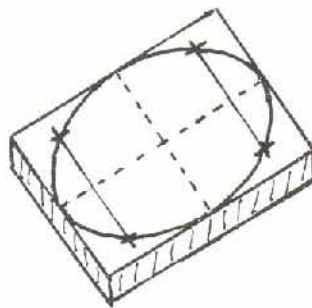


Fig. III.51. Trazo de la elipse en el espejo secundario.

Finalmente con la navaja se recorta la cinta adhesiva por la línea que demarca el contorno de la elipse y se desprende la cinta sobrante que se encuentra en las esquinas del vidrio.

En particular, para el telescopio que estamos construyendo tenemos:

$$M = 4.7 \therefore a = 2.35,$$

$$m = 3.3 \therefore b = 1.65$$

Con la ecuación III.4 tenemos que  $c = 1.67$

Con la ecuación III.5 tenemos que  $LR = 2.32$

Esto será de gran ayuda para que quede una magnífica elipse.

### III.2.5. Esmerilado del contorno del espejo

Para terminar con nuestro espejo diagonal lo que resta es esmerilar el canto del vidrio con la piedra de carburo de silicio hasta que quede la forma de la elipse que se dibujó en la cinta adhesiva que colocamos en la superficie plana. Recuerde que el esmerilado se lleva acabo con la piedra mojada.

Después de terminar el esmerilado del espejo diagonal, con la misma piedra de carburo (o con el abrasivo de carburo de silicio del núm. 400) hay que tallar la otra cara del vidrio para que quede opaca, esto evitara confusiones con la cara que es verdaderamente plana.

### III.2.6. Aluminizado

Ahora está listo el vidrio diagonal o secundario para que junto con el vidrio cóncavo o principal se manden a aluminizar.

Con esto, tenemos terminados los dos espejos del telescopio: el cóncavo (espejo principal) y el plano (espejo secundario o diagonal). Son las únicas partes ópticas (y las más importantes) que nosotros vamos a construir, por lo que pueden estar seguros que lo más difícil ya pasó.

## III.3. Accesorios

En esta sección presentaremos los soportes o monturas del espejo principal y del diagonal, el buscador y su montura, ocular y portaocular, también las tapas para proteger del polvo y la humedad en el interior del telescopio. Así tendremos todo el material que comprende las partes ópticas con sus accesorios para que en su momento se puedan empezar a colocar en el tubo.

### III.3.1. Celda del espejo principal

La celda del espejo principal tiene como propósito sujetar el espejo principal en el interior del tubo del telescopio (fig. III.44), de tal manera que el eje focal del espejo coincida con el centro del tubo del telescopio. A continuación describiremos su construcción.

Material:

- Dos tapas redondas de caoba<sup>9</sup> de 15 mm de espesor: una de 15 cm y la otra de 19 cm de diámetro.
- Tres Tornillos con cabeza hexagonal de 5/16" de espesor por 2 1/2" de largo (con tuerca mariposa y tres rondanas por cada tornillo)
- Tres resortes del # 26 (que se pueda comprimir)
- Filtro de color negro de 15x15 cm
- Pegamento blanco 850
- Pintura negro mate 1/4 de litro
- Un paquete de plastiloka
- Escuadras y transportador
- Unas tijeras
- Un formón
- Mazo de madera
- Un clavo de 1 1/2" de largo
- Tres brocas de diferente tamaño (3/32, 1/8 y 5/16")
- Un taladro
- Tres tiras de aluminio de 5x1.3 cm
- Doce pijas fijadora de 6x 3/4 con rondana

Construcción de la celda

1. En la tapa de caoba de 15 cm de diámetro se marcan tres puntos para que después se realicen perforaciones como lo indica la figura III.52.
2. Colocar una tapa sobre la otra, buscando que coincida el centro de ambas y unir las con un clavo.
3. Usando el taladro con la broca 5/16" hacer las perforaciones en las marcas indicadas de tal manera que se perforen ambas tapas.

---

<sup>9</sup> Es fácil de trabajar. Además presenta poca tendencia a torceduras y rajaduras.

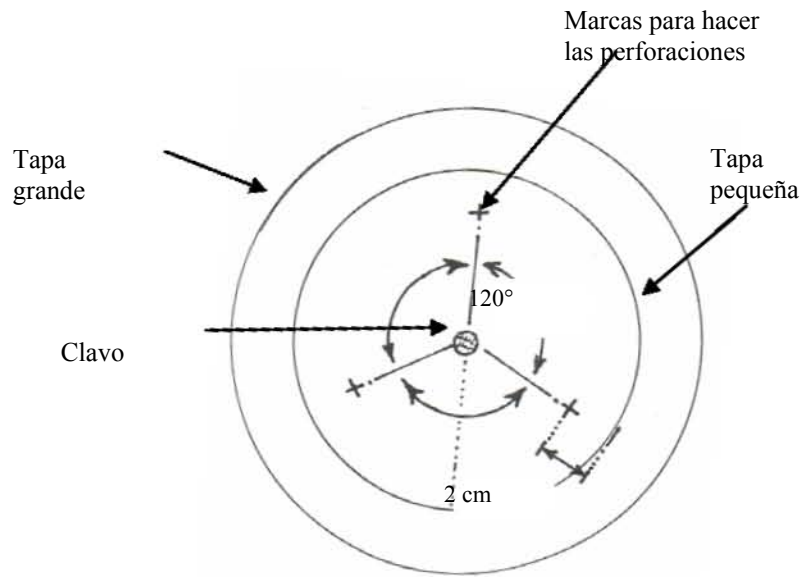


Fig. III.52. Tapas de caoba unidas por el centro.

4. Después de perforar las tapas, en la tapa pequeña se dibuja la forma de la cabeza del tornillo (fig. III.53) y con el formón se hace un vaciado de tal manera que quede oculta la cabeza del tornillo.

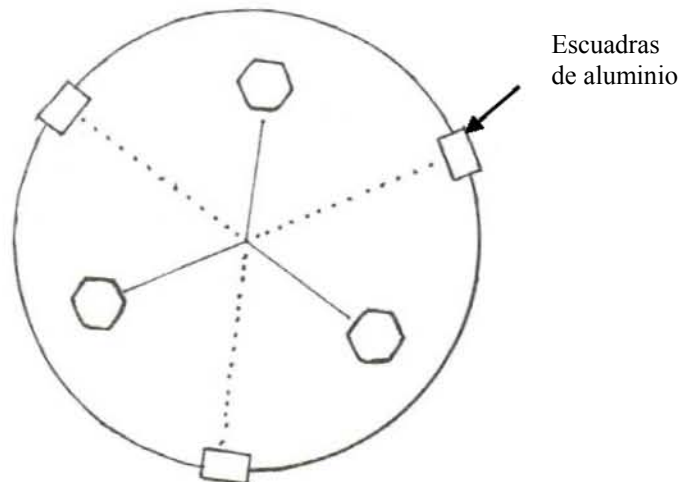


Fig. III.53. En la tapa pequeña se encuentra la cabeza hexagonal del tornillo y las escuadras de aluminio.

5. Colocar los tornillos en las perforaciones y con la plastiloka rellenar el hueco que deja la cabeza del tornillo en el vaciado. Después de colocar los tornillos hay que tener cuidado que estos queden perpendiculares a la superficie de madera.
6. Con las tiras de aluminio hacer una escuadra como se muestra en la figura III.54.
7. Con la broca 1/8" hacer tres perforaciones en cada tira de aluminio, de tal manera que el primer orificio se haga a 18 mm de la orilla y las otras dos perforaciones se hacen arriba y abajo de la primera. Formándose una pequeña ranura.

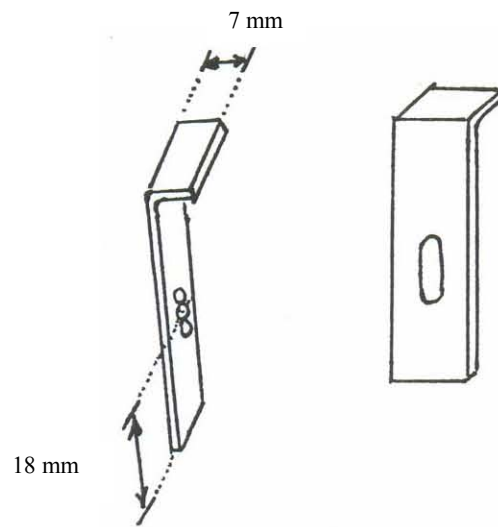


Fig. III.54. Con las tiras de aluminio se forman las escuadras que sostendrán el espejo cóncavo en la celda.

8. Pintar de negro mate las tapas de caoba junto con las tiras de aluminio, para evitar reflejos en el interior del tubo que perjudicarían la imagen.
9. Colocar el fieltro con el pegamento blanco en la parte superior de la tapa pequeña (en la superficie donde se encuentra la cabeza de los tornillos). Con las tijeras recortar el fieltro de tal manera que quede del tamaño de la tapa pequeña, es decir, redonda.
10. Colocar el fieltro con el pegamento blanco en la parte inferior del brazo pequeño de la escuadra (el que mide 7 mm) y después ponen en la tapa pequeña de la celda de tal manera que queden equidistantes (fig. III.53).
11. Armar la celda como lo indica la figura III.55.

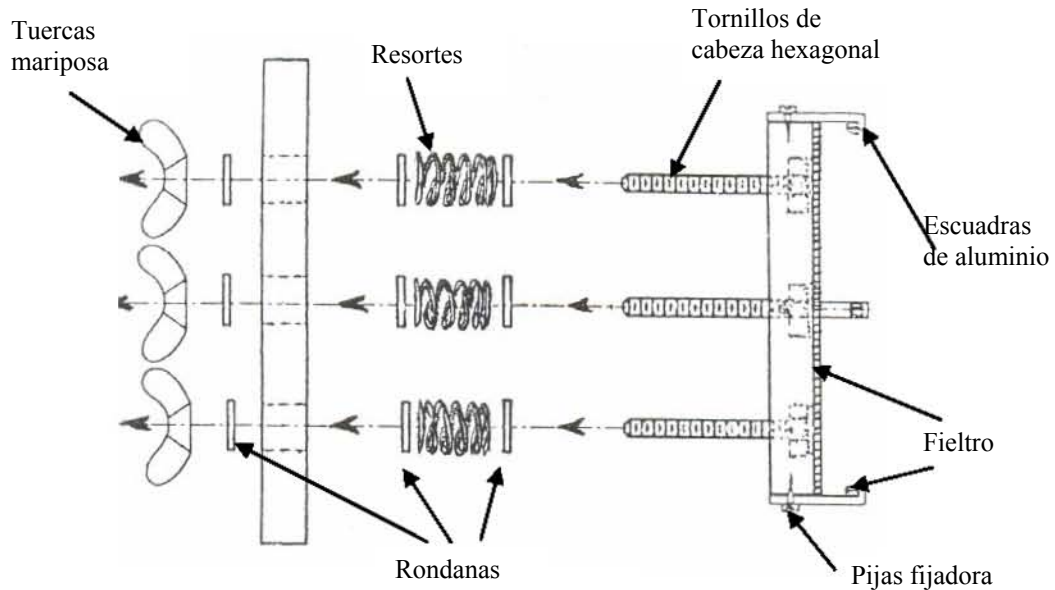


Fig. III.55. Armado de la celda principal.

Finalmente la celda para el espejo principal esta terminada, lo que sigue es colocar el espejo cóncavo.

### III.3.2. Portadiagonal

El portadiagonal es la montura del espejo secundario o diagonal tiene como propósito sujetar el espejo plano en el interior del tubo del telescopio (fig. III.44), de tal manera que la intersección con el eje focal sea a  $45^\circ$ . Con esto se logra reflejar la imagen perpendicularmente al eje focal, mandando la imagen hacia fuera del tubo del telescopio.

Material:

- Tres tornillos Allen de  $7/64$  por  $1 \frac{1}{4}$ ".
- Un tornillo Allen de  $11/64$  por  $1 \frac{1}{4}$ ".
- Un tornillo de cabeza de gota de  $11/64$  por  $\frac{1}{2}$ ".
- Un resorte de 6 mm de diámetro por 2.4 cm de largo.



En este caso no vamos a describir la construcción del portadiagonal ya que contamos con un molde para poder hacer la pieza con aluminio. Sin embargo, en la figura III.56 se ilustran las partes que forman el portadiagonal, para que aquellos con su creatividad e ingenio lo puedan reproducir.

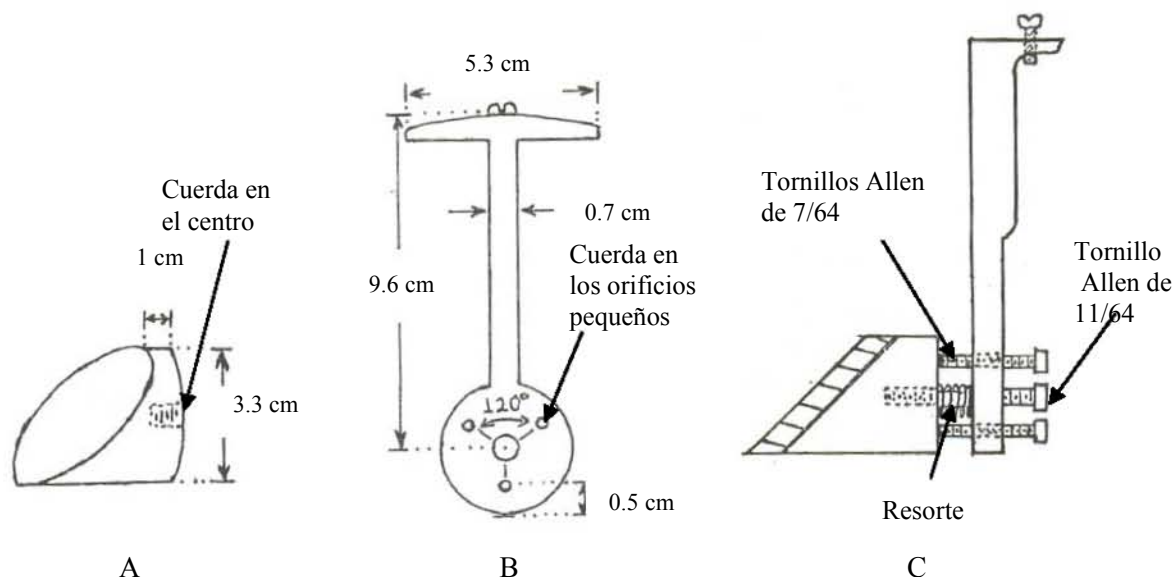


Fig. III.56. El portadiagonal con sus diferentes partes.

El tornillo Allen del centro ( $11/64''$ ) se atornilla en la base A. Los tres tornillos Allen ( $7/64''$ ) van atornillados en la base B y sostienen la base A. El resorte se coloca en el tornillo del centro, para que empuje a la base A.

### III.3.3. Buscador

El buscador no es otra cosa que una mira telescópica. Su propósito es el de localizar o buscar de manera más fácil el astro que nos interesa observar. Éste aumenta mucho menos la imagen que el telescopio y abarca un campo de observación mucho más grande. Todo ello nos facilita el encontrar una estrella de referencia o el objeto deseado.

El buscador se puede encontrar fácilmente en una tienda donde venden armas (armería), una mira telescópica de 4x15 es muy buena. Lo que haría falta sería la montura del buscador (fig. III.57), que también contamos con un molde para hacer su montura.

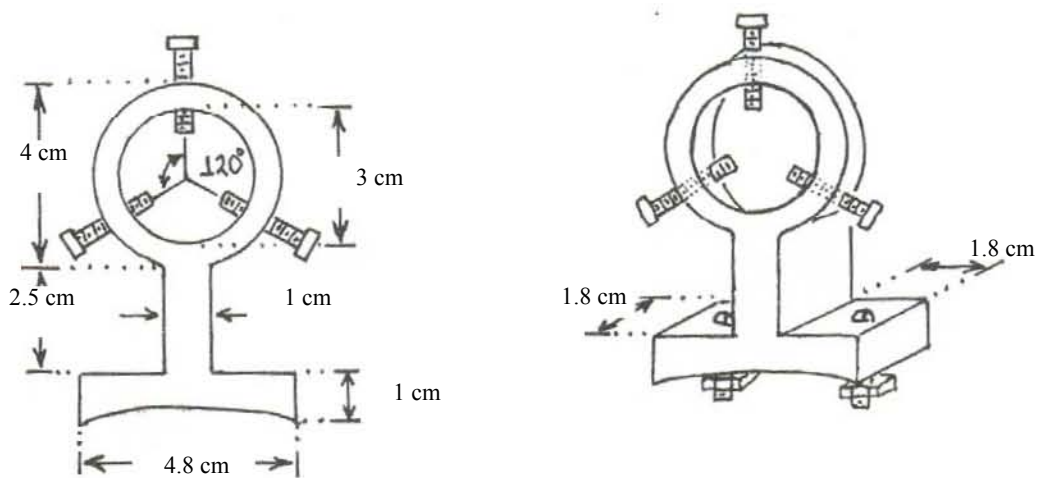


Fig. III.57. La montura del buscador.

Este material es para colocar el buscador en su soporte y fijarlo al tubo del telescopio:

- Seis tornillos Allen de 11/64 por 3/4".
- Cuatro tornillos de cabeza de gota de 1/8 por 3/4" con tuerca y rondana.
- Brocas de 11/64 y 1/8"
- Machuelo de 11/64".
- Taladro

### III.3.4. Portaocular

El portaocular es la base o montura del ocular. Su propósito es de enfocar el objeto que nos interesa observar (fig. III.58). El sistema mecánico de un buen portaocular es un poco complicado, por eso contamos con un molde para poder hacer la pieza con aluminio.

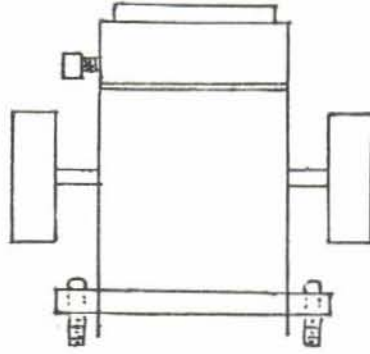


Fig. III.58. El portaocular.

Lo único que hace falta son:

- Tres tornillos Allen de  $5/32$  por  $3/4$ ".
- Un tornillo Allen de  $5/32$  por  $1/2$ ".

### III.3.5. Ocular

El ocular es otra de las partes ópticas fundamentales en el telescopio. Su propósito es el de amplificar el astro que nos interesa observar (fig. III.59). Bien puede afirmarse que el ocular es el responsable de la calidad de la imagen final, por lo que no debemos escatimar en gastos y adquirir un buen juego de oculares de calidad suficiente, acorde con la de nuestra óptica telescópica.

Por el momento la construcción del ocular está fuera de nuestras manos, por lo que nos tenemos que contentar con comprarlo. Afortunadamente en el mercado existen muchas marcas que nos garantizan la calidad de lo que estamos comprando.



Fig. III.59. Diferentes tipos de oculares.

Para conocer un poco sobre oculares a continuación se dan algunas de las características más importantes:

1. Focal. La distancia focal del ocular es el factor que nos permite conocer el aumento del sistema óptico. Recordemos que a mayor distancia focal del ocular menos aumento se conseguirá y viceversa. Los oculares se encuentran entre una gama de 2.5 a 60 mm.
2. Campo aparente. El campo aparente (en grados) indica cuánto cielo se abarcará, el cual puede alcanzar los 85°. Mirando hacia una superficie iluminada el campo aparente del ocular será la porción iluminada.
3. Tamaño. Existen en tres medidas de diámetro estandarizadas:
  - a) De 0.956" (24.5 mm) son los más pequeños. Lo mejor de ellos radica en que son bastante económicos, aunque tienen el inconveniente de que poseen un escaso campo aparente.
  - b) De 1 ¼" (31.6 mm) son bastante utilizados por la mayoría de los aficionados dada su gran gama y excelente relación calidad-precio.
  - c) De 2" (50.8 mm) son los utilizados en telescopios de gran abertura, puesto que aprovechan al máximo la calidad de estos instrumentos.
4. Tipos. Se puede escoger entre diferentes tipos de oculares:
  - a) Huygens (H). Diseñado para un campo aparente de 30°. Funciona bien para telescopios de distancia focal grande. Presenta aberración esférica, sin embargo corrige suficientemente la aberración cromática.
  - b) Special Ramsden (SR). Este modelo de ocular presenta una peor corrección que el Huygens. No es acromático y la aberración esférica alcanza valores intolerables.
  - c) Kellner (K). Diseñado para un campo aparente de 40°. En realidad, es un ocular Ramsden corregido de aberración cromática y esférica. Es el ocular barato más recomendable para trabajar a bajos aumentos.
  - d) Ortoscópico (OR). Aporta una imagen nítida, sin distorsión, sobre un campo de 45°. Es el mejor ocular convencional para obtener imágenes de grandes aumentos y fuerte contraste. Una característica adicional es que permite alejar bastante el ojo del ocular, por lo que la visión se hace más relajada y

cómoda. Está considerado como el ocular ideal para todos los telescopios tanto como los de distancia focal corta como larga.

- e) Plössl (P). Diseñado para un campo aparente de  $52^\circ$  y es el más usado por los aficionados. Su imagen carece totalmente de aberración cromática y su campo no presenta ninguna aberración como la esférica o el astigmatismo.
- f) Otros: Erfle diseñado para un campo aparente de  $65^\circ$ , aunque distorsiona en los bordes del campo óptico. Los modelos Widefield, Wideangle diseñados para un campo aparente de  $65^\circ$  y Nagler para un campo aparente de  $85^\circ$ , sólo se fabrica en 2" pero es muy costoso .

Independientemente de la característica del ocular, para empezar a observar les recomendamos un ocular de  $1\frac{1}{4}$ " tipo Plössl de 10 mm.

### III.3.6. Tapas para proteger las partes ópticas

El propósito de dichas tapas es el de proteger los espejos principal y secundario del polvo y la humedad que son los principales causantes del deterioro de toda superficie óptica que, en el caso de los espejos están frontalmente aluminizados y son muy delicadas. Las tapas se colocan en los extremos del tubo, es decir, en la parte inferior (después de la celda principal) y superior (en la entrada del telescopio).

Material:

- Dos tapas redondas de madera (pino, caoba o aglomerado): una de 15 mm de espesor y 19 cm de diámetro, la otra debe tener la forma de la figura III.60. Esta segunda tapa debe tener 19 mm de espesor con un diámetro interior de 19.1 cm (corresponde al diámetro interior del tubo) y 21 cm de diámetro exterior.

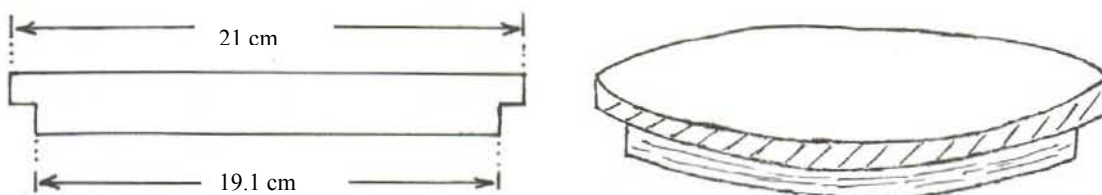


Fig. III.60. Tapa superior del tubo.

La tapa superior se puede construir con dos tapas de aglomerado de 12 mm de espesor pegadas concéntricamente.

- Pegamento
- Pintura del color que se quiera.

### III.4. El tubo del telescopio

El tubo del telescopio es de PVC de 8", reforzado o hidráulico (tiene 3 mm de espesor aproximadamente). Lo estamos proponiendo por considerarse de bajo costo, resistente, fácilmente manejable y ligero. Además de que en la mayoría de las ferreterías se puede conseguir.

Para saber la longitud del tubo del telescopio, basta con aumentar 6 cm a la distancia focal del espejo cóncavo, es decir, el tubo será de 156 cm (si la distancia focal es de 150 cm). Sin embargo, es mejor comprar unos centímetros de más por aquello de que en el lugar que lo venden no lo saben cortar, así que de preferencia que sea de 165 cm.

#### III.4.1. Corte del tubo

Para que los extremos del tubo queden rectos a continuación se describe una técnica para logra que los cortes sean lo más rectos posibles. También deben de ser perpendiculares al tubo, lo cual no es sencillo ya que uno tiende a seguetear en diagonal. Para lograrlo se necesita el siguiente material:

- Un pliego de papel bond cuadriculado de 70x95 cm.
- Cinta adhesiva.
- Un arco con segueta.
- Una hoja de lija para madera del núm. 80.

Generalmente cuando se corta un objeto, lo primero que se hace es trazar una línea o guía para seguirla. En este caso la guía se obtiene con el papel bond cuadriculado. Con este papel se hace un corte a lo ancho obteniendo una tira de 21x70 cm. Con la tira de papel se

envuelve el tubo colocando la parte que está pareja (el lado contrario al que hicimos el corte) hacia el borde del mismo.

Una vez colocado el papel lo más cerca de la orilla del tubo (puede ser a un centímetro), el papel se encima como en un rollo, hay que tener cuidado de que al enrollarse el papel quede alineado, con lo que se obtendrá la guía para hacer el corte con la segueta, por último para evitar que la tira de papel se mueva, colocamos unos pedazos de cinta adhesiva (fig. III.61).

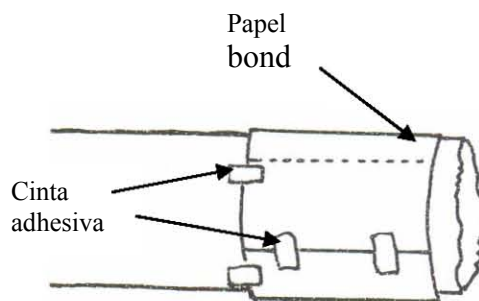


Fig. III.61. La colocación del papel bond en el tubo es una guía para hacer el corte.

Para realizar el corte con más seguridad, se sostienen el tubo con una mano sobre la mesa de trabajo y se seguetea con la otra alrededor de la guía hasta que se corta por completo. Una vez realizado el primer corte, se mide la longitud del tubo 156 cm, se vuelve a usar la misma tira de papel y de manera análoga se realiza el segundo corte en el otro extremo. La lija se pasa ligeramente alrededor del corte para quitarle el posible filo que le quede al tubo. Así tendremos definido el tamaño del telescopio.

#### III.4.2. Perforaciones en el tubo

Las perforaciones en el tubo tienen como propósito colocar las partes ópticas junto con sus monturas en el lugar correcto.

Las perforaciones en el tubo que a continuación describiremos son para colocar:

1. Portaocular
2. Portadiagonal
3. Soporte del buscador
4. Celda principal
5. Tapa inferior
6. Tapas para la montura

### *Portaocular*

#### Material:

- Una sierra corta círculos de  $1\frac{3}{4}$ ".
- Una broca de  $11/64$ ".
- Un portaocular.
- Una lija para madera del núm. 80.
- Un flexómetro.
- Un taladro.

#### Para colocar el portaocular:

- Debemos hacer un orificio de  $1\frac{3}{4}$ " de diámetro con la sierra corta círculos para que pueda deslizarse libremente la cremallera. La sierra se coloca a 12 cm del extremo del tubo como se muestra en la figura III.62, justo a esta distancia se encuentra el centro de esta perforación.
- En el orificio que se hizo con la sierra corta círculos sobreponemos el portaocular para marcar las perforaciones que se necesitan para fijarlo al tubo del telescopio (en este caso son tres orificios). Estos pequeños orificios se realizan con la broca  $11/64$ ".



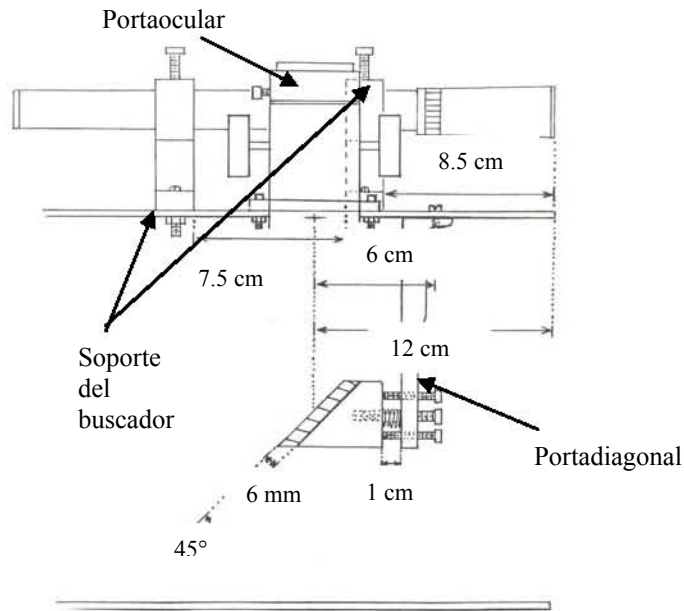


Fig. III.62. Los orificios para el portaocular, portadiagonal y la montura del buscador.

- Por último con la lija se quitan las rebabas que dejaron las brocas.

### *Portadiagonal*

#### Material:

- Una broca de 11/64".
- Un taladro.
- Un flexómetro.

#### Para colocar el portadiagonal:

- Debemos hacer un orificio de 11/64" de diámetro, que se ubica entre el centro del portaocular y el extremo del tubo. La broca se coloca a 6 cm ya sea del centro del portaocular o bien del extremo del tubo como se indica en la figura III.62.

### *Soporte del buscador*

Material:

- Una broca de 9/64".
- Un flexómetro.
- Un soporte del buscador.
- Un taladro.

Para colocar el buscador:

- Ubicamos el buscador a 50° aproximadamente del portaocular (la separación entre ellos es de 9 cm), como lo indica la figura III.63.
- La distancia a la que se encuentra uno de los soportes respecto al extremo del tubo es de 8.5 cm. La separación entre los dos soportes es del orden de 7.5 cm como se muestra en la figura III.62.
- Por último los soportes del buscador se sobreponen al tubo para marca las perforaciones que se necesitan (dos orificios por cada soporte). Los orificios tienen un diámetro de 9/64".

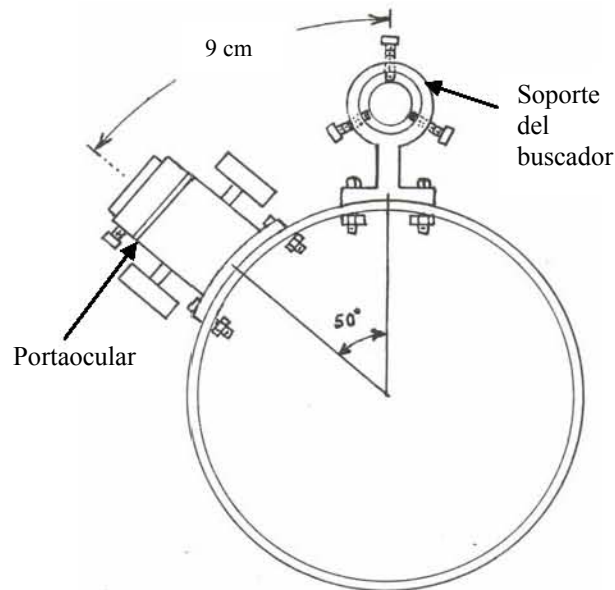


Fig. III.63. La separación entre el ocular y el buscador es de 9 cm aproximadamente.

### *Celda principal*

#### Material:

- Una broca de 9/64".
- Un flexómetro.
- Cinta adhesiva
- Un taladro.
- Una tira de papel bond (la misma que se usó para cortar el tubo).

La celda principal se ubica en el otro extremo del tubo (fig. III.44), está fija por tres pijas que se encuentra equidistantes.

Para colocar la celda principal:

- Envolvemos el tubo con la tira de papel (21x70 cm) que usamos como guía para cortarlo y medimos su perímetro.
- El papel se extiende y con el flexómetro se cuantifica. Después se divide entre tres y se colocan unas marcas sobre el papel, como se muestra en la figura III.64.

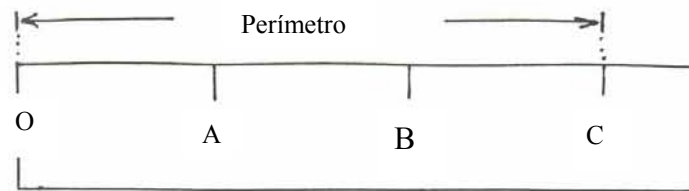
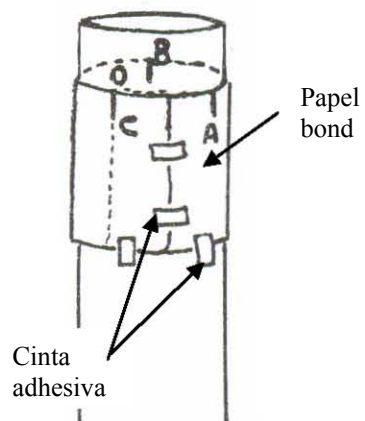


Fig. III.64. En la tira de papel están las marcas indicadas con A, B y C.

- Nuevamente con la tira de papel se envuelve el tubo (el punto O y C coinciden), con cinta adhesiva se fija a 8.8 cm de la orilla (fig. III.66) y justo en las marcas se hacen las perforaciones con la broca de 9/64" (fig. III.65).

Fig. III.65. Las marcas en la tira de papel garantizan que las perforaciones queden equidistantes.



**Nota:** Es necesario que una de estas tres marcas quede alineada con el buscador.

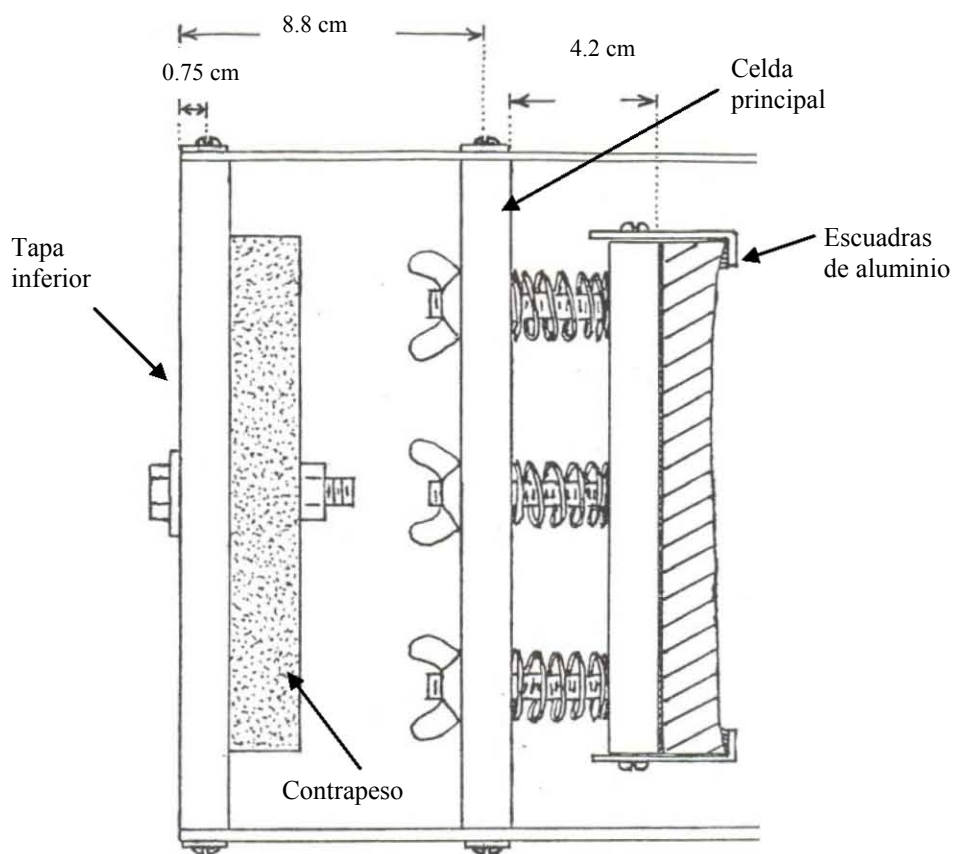


Fig. III.66. En el otro extremo del tubo se encuentra la celda principal y la tapa inferior.

### *Tapa inferior*

Material:

- Una broca de 9/64".
- Un flexómetro.
- Cinta adhesiva.
- Un taladro.
- Una tira de papel bond (la misma que se usó para cortar el tubo).

Para colocar la tapa inferior:

La tapa inferior también está fija por tres pijas que se encuentra equidistantes. Las perforaciones se hacen con la misma tira de papel que usamos en el caso de la celda principal. Los orificios de la tapa inferior deben de quedar alineados con los de la celda principal, por estética y para evitar que la cabeza de los tornillos roce con la montura del telescopio. En este caso la tira de papel se coloca a 0.75 cm de la orilla (fig. III.66), si la tapa es de 1.5 cm de espesor.

### *Tapas para la montura*

Material:

- Una broca de 7/16".
- Un taladro.
- Un flexómetro.
- Cinta adhesiva.
- Una tira de papel bond (la misma que se usó para cortar el tubo).

Las tapas de la montura (sección III.5) se ubican a 45 cm del extremo inferior del tubo (fig. III.68) y tienen como propósito fijar el telescopio a la montura dobsoniana. Las tapas están fijadas por dos tornillos que se encuentra equidistantes.

Para colocar las tapas de la montura:

- Usamos nuevamente la tira de papel que nos sirvió como guía para las perforaciones de la celda principal. Ahora el perímetro se divide entre dos, colocando otro tipo de marcas en el papel para no confundirse con las anteriores, como se muestra en la figura III.67.

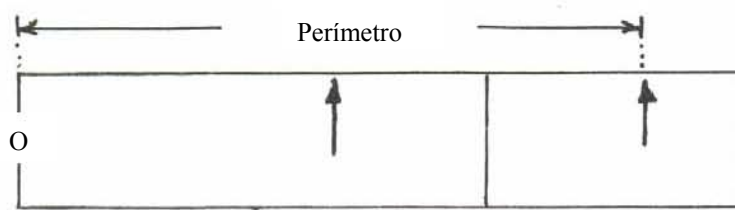


Fig. III.67. En la tira de papel están las marcas indicadas con flechas.

- Entre las dos flechas justo a la mitad trazamos una línea recta (mediatriz), de tal manera que esta última quede alineada con las perforaciones que a su vez lo están con el buscador (fig. III.68).

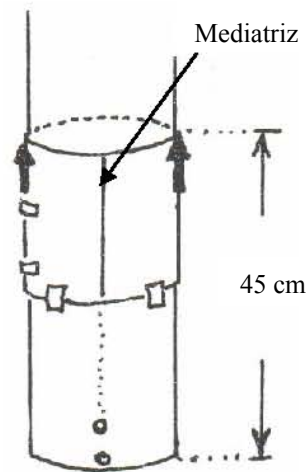


Fig. III.68. La línea recta queda alineada con las perforaciones que a su vez están alineadas con el buscador.

- Finalmente la tira de papel se fija al tubo con cinta adhesiva y se perfora con una broca de 7/16”.

Para tener una visión clara de cuántas y en dónde se hacen las perforaciones la figura III.69 nos ayudará a ubicarlas.

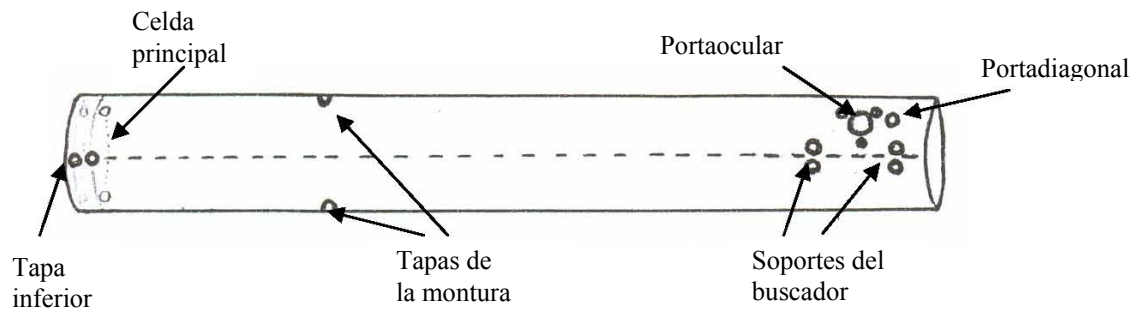


Fig. III.69. Las perforaciones que necesita el tubo del telescopio.

La figura III.70 muestra la posición que tienen las perforaciones de la celda principal y de la tapa inferior respecto a las perforaciones para las tapas de la montura.

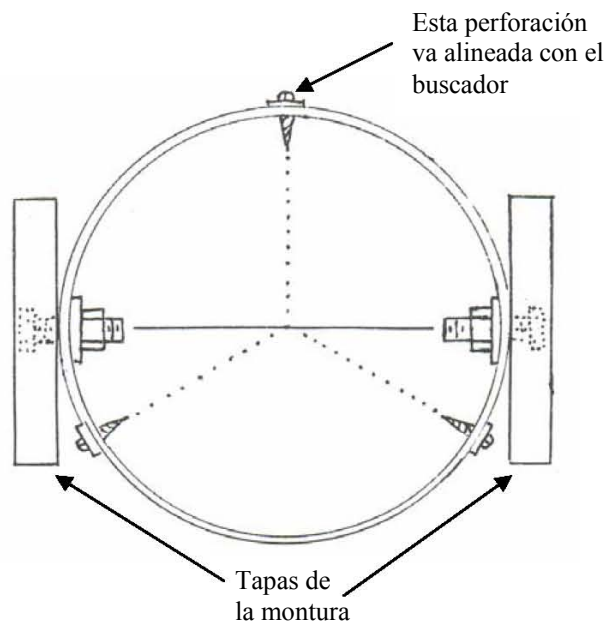


Fig. III.70. Esta es las posición que guardan las pijas que sostienen la celda principal con los tornillos de las tapas de la montura.

### III.4.3. Pintura del tubo

El tubo del telescopio se pinta por dentro y por fuera. La pintura en el interior es de color negro mate para evitar que algún reflejo dañe la imagen del astro que estamos observando. La pintura exterior tiene que ver con la vista o acabado del tubo, es decir, cómo queremos que luzca el telescopio, para ello se pinta del color que se quiera. Lo mejor será llevarlo con un pintor para que quede reluciente.

Para pintar el interior del tubo se necesita el siguiente material:

- Pintura negro mate  $\frac{1}{4}$  de litro (que ya la tenemos).
- Una brocha de 2".
- Un palo de escoba (o cualquier palo o varilla de de 1 m de longitud).
- Cinta adhesiva.
- Solvente para limpiar la brocha.

El tubo tiene una longitud de 156 cm, por lo que nuestro brazo no alcanzaría a llegar al centro. Por ello, se pega la brocha al palo de la escoba (como si fuera una extensión) y se pinta del centro hacia la orilla. Cuando la pintura está seca, se observa si quedaron zonas sin pintar. Si este es el caso, sólo en esas zonas se le da una segunda mano.

Con esto el tubo queda listo para empezar armar nuestro telescopio.

### III.5. Montura dobsoniana

El telescopio al igual que las partes ópticas que lo constituyen necesita un soporte o montura que lo sostenga, además que le facilite el moverse suavemente para poder observar cualquier punto del cielo. La montura debe cumplir con ciertas características: una base rígida, estable y adecuada. Por esto, proponemos una montura azimutal tipo dobsoniana o Dobson por ser fácil de construir, de bajo costo y la más sencilla para un aficionado que empieza hacer observaciones.



La montura dobsoniana cuenta con un par de ejes que posibilitan el movimiento del telescopio en dos direcciones: con un eje vertical que permite el movimiento sobre un plano horizontal de izquierda a derecha (movimiento horizontal o en azimut), y un eje horizontal cuya orientación cambia al mover el eje vertical. La función de este eje horizontal es cambiar la altura de observación (de arriba abajo).

Su construcción tiene varias etapas: diferentes cortes de madera, ensamblado y pintura. Las describiremos en las siguientes secciones.

### III.5.1. Material para la montura

Para iniciar la construcción de la montura dobsoniana se necesita el siguiente material:

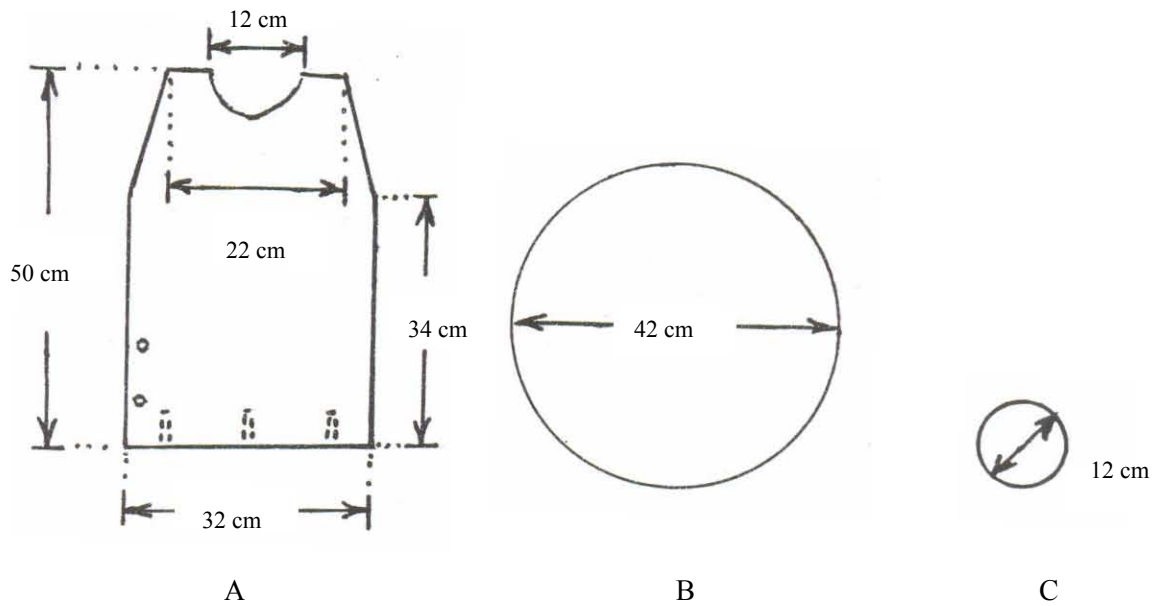
1. Cortes de diferentes formas de aglomerado de 19 mm (puede ser de triplay o madera) como se muestra en la sección III.5.2.
2. Pegamento blanco 850.
3. Una docena de pijas para tabla roca de 2½”.
4. Brocas de 9/64, 5/16, 7/16 y ½”.
5. Un taladro.
6. Un martillo.
7. Una moldura de media caña.
8. Una segueta con arco.
9. Dos docenas de clavos pequeños.
10. Un resanador para madera ¼” de litro.
11. Lija para madera del núm. 120.
12. Pintura ¼” de litro (del color que prefiera).
13. Un tornillo de cabeza hexagonal de ½” por 2 ½” (con rondana y dos tuercas).
14. Dos tornillos de cabeza hexagonal de 7/16” por 1 ½” (con rondana de presión y tuerca para cada tornillo).
15. Un formón.
16. Un mazo de madera.
17. Una plastiloka.

- 18. Cuatro resbalones de 1" con tres patas.
- 19. Tres tiras de madera de 3x5 cm por  $\frac{3}{4}$ ".
- 20. Seis tornillos para madera de  $1\frac{1}{4}$ ".
- 21. Dos desarmadores: plano y de cruz.

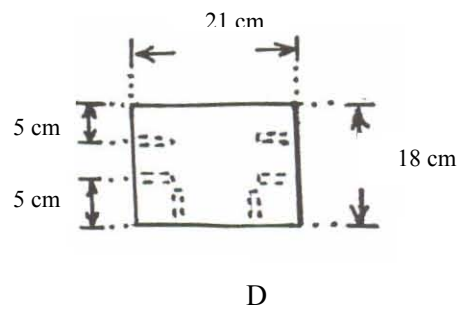
### III.5.2. Partes de la montura

Las partes de la montura son las siguientes:

- Dos cortes de cada una de las formas y medidas que aparecen a continuación.



- Un corte de la forma y medida que aparece a continuación.



Generalmente no tenemos experiencia en hacer este tipos de cortes, lo mejor será que un carpintero se encargue de hacerlos.

### III.5.3. Ensamble de la montura

El ensamble de la montura se muestra en la figura III.71. Las zonas punteadas indican el lugar en que se coloca la pija para tabla roca.

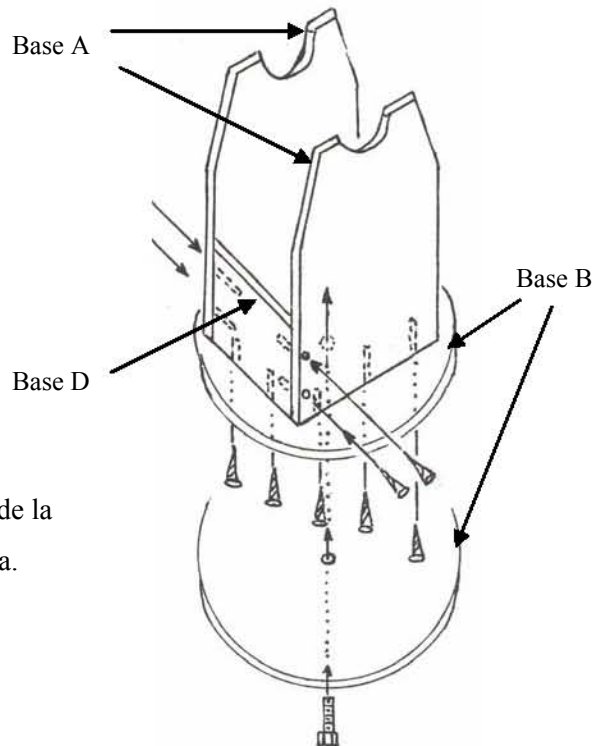


Fig. III.71. Ensamble de la montura dobsoniana.

Trataremos de dar un esbozo de los pasos a seguir en el ensamble:

1. Unimos las bases A con la D.
  - Sobreponiendo la base A y D se hace una perforación guía con la broca  $9/64''$  a 5 cm de los extremos tomando como referencia la base D.
  - En la base A se hace una pequeña perforación (0.5 cm de profundidad) con la broca  $5/16''$  para que entre la cabeza de la pija.
  - En el canto de la base D que se va unir a la base A ponemos pegamento blanco.
  - Colocamos la base A sobre la D y finalmente se unen con las pijas para tabla roca, colocándolas en las perforaciones guía.

2. Unimos la base ensamblada con una base B.
  - La base ensamblada tendrá la forma de una U, se centra y se coloca en una base B.
  - Dibujamos la U en la base B como lo indica la figura III.72.
  - En la base B se indica el lugar para hacer las perforaciones guía (fig. III.72).

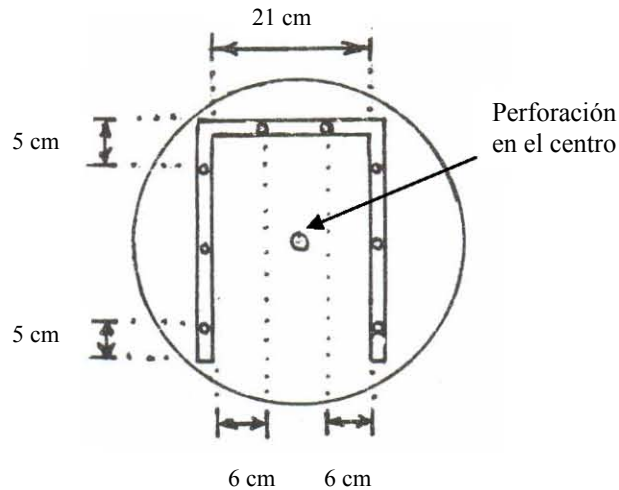


Fig. III.72. La base ensamblada se dibuja sobre la base B.

- La base B se perfora en el centro con la broca de  $\frac{1}{2}$ ".
  - En la cara opuesta de la base B se hace una pequeña perforación (0.5 cm de profundidad) con la broca  $\frac{5}{16}$ " para que entre la cabeza de la pija.
  - Sobreponiendo la base B a la U se hacen las perforaciones guía con la broca  $\frac{9}{64}$ ".
  - En el canto de la base U que se va unir a la base B ponemos pegamento blanco.
  - Colocamos la base B sobre la U y finalmente se unen con las pijas para tabla roca, colocándolas en las perforaciones guía.
3. La moldura de media caña (fig. III.73).
    - En los cortes rectos de las bases A (en el canto) ponemos pegamento blanco.
    - Colocamos la moldura de media caña y se fija a la base A con los clavos pequeños.
    - En el canto de la base D también se coloca la moldura.

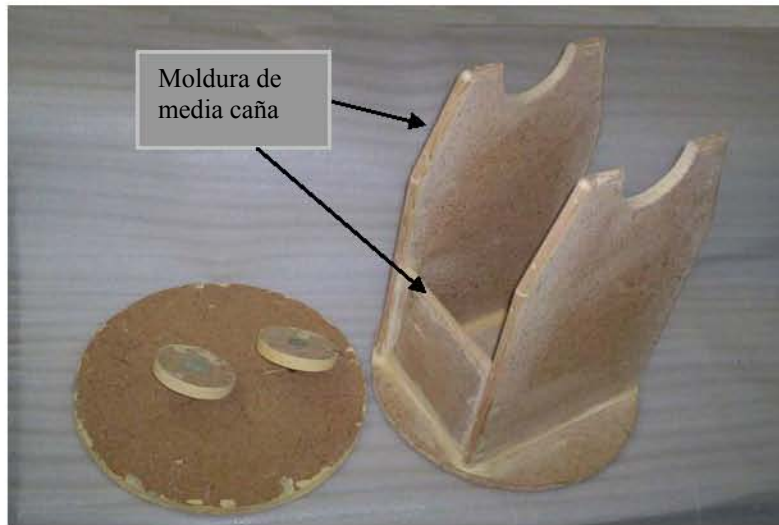


Fig. III.73. La montura ensamblada.

4. La otra base B.

*La superficie de abajo* (fig. III.74)

- La base B se perfora en el centro con la broca de  $\frac{1}{2}$ ".
- Dibujamos la cabeza hexagonal del tornillo de  $\frac{1}{2}$ " y se procede hacer un vaciado para que quede oculta.
- Las tres maderas (3x5 cm) se colocan a 2 cm de la orilla de la base B y a  $120^\circ$  entre ellas (serán las patas de la montura).

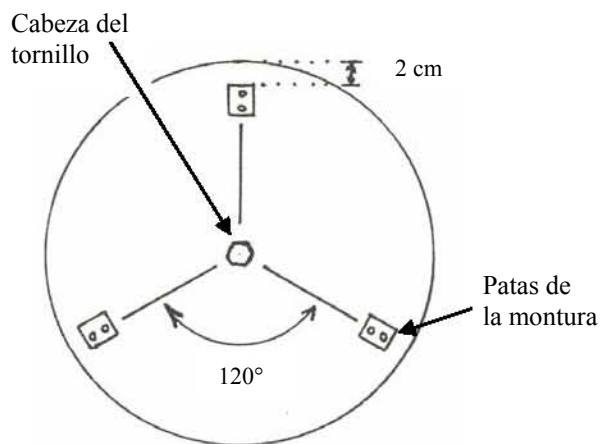


Fig. III.74. La superficie de abajo de la base B.

- Para colocarlas se les pone pegamento blanco y se atornillan a la base B con los tornillos para madera de 1/4".

*La superficie de arriba* (fig. III.75)

- Las cuatro resbalones se colocan a 10 cm de la orilla de la base B y a 90° entre ellos.
- Para colocarlos se pone con las puntas hacia la base y se golpean con un martillo.

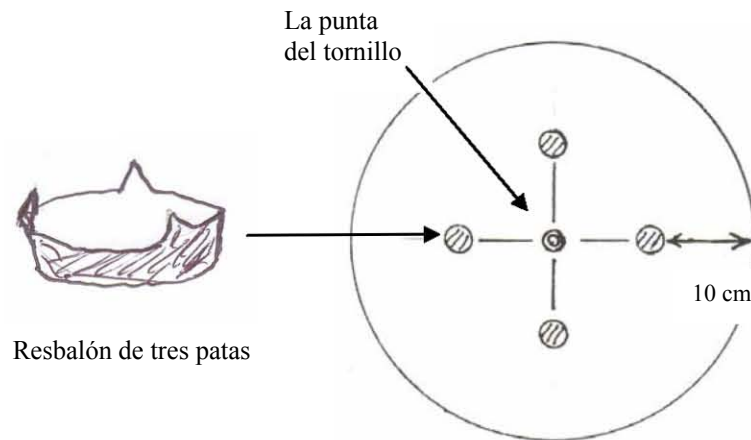


Fig. III.75. La superficie de arriba de la misma base B.

5. Las tapas de la montura (fig. III.70).

Las dos bases C son las tapas de la montura que irán fijas al tubo del telescopio.

- La base C se perfora en el centro con la broca de 7/16".
- Dibujamos la cabeza hexagonal del tornillo de 7/16" y se procede hacer un vaciado para que quede oculta.

Listo eso es todo, la montura y sus partes están armadas.

### III.5.4. Acabado de la montura

Para que resalte la belleza de la montura (fig. III.76) hay que tapar los huecos y grietas de la madera con el resanador. Con la lija para madera se empareja toda la parte resanada y por último se pinta o se barniza al gusto.



Fig. III.76. La montura dobsoniana terminada y armada.

Para armar la montura simplemente se unen las bases B por medio del tornillo de  $\frac{1}{2}$ " con su rondana y sus dos tuercas. El tornillo de  $\frac{1}{2}$ " corresponde al eje vertical y las tapas de la montura corresponden al eje horizontal.

Con esto terminamos la montura dobsoniana y lo que sigue es armar el telescopio.

### III.6. Montaje de las partes ópticas

La construcción del telescopio termina con la colocación y ajuste de las partes ópticas junto con sus monturas. El ensamblado tiene varias etapas que describiremos en las siguientes secciones.

### III.6.1 Tapas de la montura

Para colocar las tapas de la montura(fig. III.70) se necesita el siguiente material:

- Dos pedazos de fieltro de 12x12 cm.
- Pegamento blanco 850.
- Unas tijeras.
- Una llave española de 11/16”.
- Un par de tuercas y rondanas de presión para los tornillos de 7/16” (sección III.5.1).

Para ensamblar las tapas:

1. En la superficie de la tapa que se va unir al tubo ponemos el fieltro, pegándolo con pegamento blanco .
2. Con las tijeras se recorta el fieltro de tal manera que quede redondo del tamaño de la tapa.
3. Colocamos la tapa, metiendo el tornillo en el orificio del tubo (fig. III.69).
4. Por adentro del tubo se pone la rondana de presión y la tuerca, se aprieta con la llave española 11/16” hasta que la tapa quede completamente fija.

### III.6.2. Portaocular

Para colocar el portaocular (fig. III.62) se necesita el siguiente material:

- Tres tornillos Allen de 3 mm x 3/4”
- Una llave Allen para el tornillo de 3 mm.
- con tuerca y rondana plana.

Para ensamblar el portaocular:

1. Colocamos el portaocular de tal manera que coincidan sus orificios con los que se hicieron en el tubo (fig. III.69).
2. Introducimos los tres tornillos Allen en los orificios.
3. Por adentro del tubo se pone la rondana y la tuerca, el tornillo se aprieta con la llave Allen hasta que el portaocular quede completamente fijo.



### III.6.3. Espejo secundario

Para colocar el espejo secundario (fig. III.62) se necesita el siguiente material:

- Un portadiagonal con su tornillo (sección III.3.2).
- Pegamento 5000.
- Una regla graduada en milímetros.
- Un desarmador plano.

Para ensamblar el espejo secundario:

1. Con la regla medimos una separación de 1 cm entre la base A y B (fig. III.62). Los tres tornillos Allen de 7/64 por 1 ¼” se encargan de mantener fija la base A (fig. III.56).
2. En la superficie de atrás del espejo secundario ponemos pegamento 5000 y lo unimos al portadiagonal. Lo dejamos en un lugar seguro sin que se mueva hasta que seque el pegamento.
3. Colocamos el portadiagonal en el interior del tubo de tal manera que coincida con el orificio que hicimos (fig. III.69).
4. Ponemos el tornillo y lo apretamos con el desarmador plano hasta que el portadiagonal quede completamente fijo. El espejo secundario debe de quedar centrado en el orificio del portaocular.

### III.6.4. Buscador

Para colocar el buscador (fig. III.62) se necesita el siguiente material:

- Dos soportes del buscador.
- Cuatro tornillos de cabeza de gota de 1/8 por ¾” con rondana y tuerca.
- Un desarmador plano.

Para ensamblar el buscador:

1. Ponemos los soportes del buscador de tal manera que sus orificios coincidan con los que hicimos (fig. III.62).
2. Introducimos los cuatro tornillos de 1/8 por ¾” en los orificios.

3. En el interior del tubo se colocan las rondanas con sus tuercas y apretamos los tornillos con el desarmador plano hasta que los soportes queden completamente fijos.
4. Colocamos el buscador en sus soportes y se sostiene con sus tornillos Allen (fig. III.77).

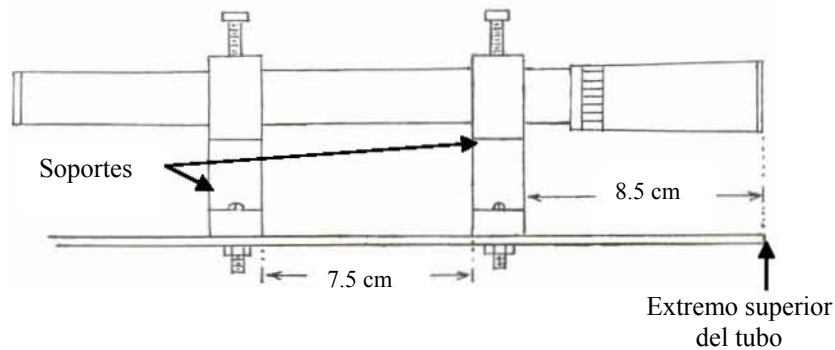


Fig. III.77. El buscador y su soporte.

### III.6.5 Espejo principal

Para colocar el espejo principal en su celda (fig. III.66) se necesita el siguiente material:

- Una broca de 3/32".
- Un taladro.
- Tres pijas fijadora con rondanas (sección III.3.1).
- Un desarmador plano.
- Una regla graduada en milímetros.

Para ensamblar la celda principal al tubo:

1. Hacemos un orificio guía en el centro del canto de la tapa grande de la celda con la broca 3/32" (fig. III.66). **Nota:** hay que poner una contraseña en este orificio para no perder la referencia.
2. Introducimos la celda en el interior del tubo de tal manera que este orificio coincida con el que hicimos en el tubo y que a su vez esta alineado con el buscador (fig. III.69 y III.70).
3. Atornillamos la celda al tubo.

4. La celda se mueve hasta que por los otros dos orificios del tubo logremos ver la tapa grande.
5. Con el taladro (usando la broca 3/32") hacemos una marca en la tapa grande metiendo la broca en los orificios del tubo.
6. Retiramos la celda del interior del tubo.
7. Buscamos que las marcas que se hicieron en la tapa grande de la celda queden en el centro del canto.
8. Al centrar las marcas, nuevamente con la broca 3/32" se perfora la tapa para hacer unos orificios de guía.

Para ensamblar el espejo a la celda principal:

1. Colocamos el espejo principal sobre la tapa pequeña de la celda.
2. Ajustamos las escuadras de aluminio al espejo principal y apretamos las pijas con el desarmador plano hasta que el espejo quede completamente fijo.
3. Introducimos nuevamente la celda principal (con el espejo montado) en el interior del tubo. Hacemos coincidir el orificio de la contraseña de la celda con el orificio del tubo que esta alineado con el buscador.
4. Ponemos las tres pijas con sus rondanas en los orificios guía y las apretamos con el desarmador plano hasta que la celda quede completamente fija.

### III.6.6. Colimación del sistema óptico

Para observar una imagen en el telescopio es necesario que el sistema óptico esté perfectamente colimado, es decir, que las diversas partes del mismo se encuentren alineados lo mejor posible. Por ejemplo, que el eje óptico del espejo principal (eje focal) coincida con la línea central del tubo; que el espejo secundario se encuentre en el centro del portaocular y además que coincida con el eje óptico del espejo principal. Al transportar el telescopio en busca de un lugar de observación, es relativamente normal que el espejo principal o el secundario se mueva y el instrumento quede descolimado. Por tanto, debemos aprender a colimar el telescopio de la manera más rápida y sencilla posible.

### Material:

- Un bote de plástico de 3 cm de diámetro por 5 cm de profundidad (un bote de los rollos de película fotográfica) para hacer un colimador.
- Una broca de  $3/32''$ .
- Una silla o banco.
- Un taladro.
- Un desarmador plano.
- Una llave Allen para el tornillo de  $7/64$  por  $1\ 1/4''$ .

### Para colimar el telescopio:

1. En el centro del fondo del bote de plástico hacemos un orificio con la broca  $3/32''$ , lo que tenemos ahora es un “colimador”.
2. Colocamos el telescopio en la montura dobsoniana en una postura horizontal para sostenerlo en el otro extremo ponemos la silla o banco.
3. Introducimos el colimador en el portaocular y a través del orificio observamos:
  - Si el espejo principal y el secundario se observan como en la figura III.78 entonces el sistema óptico está completamente colimado.

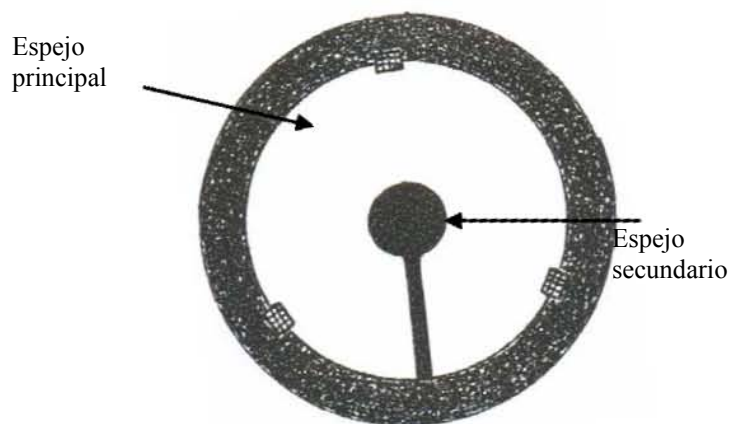


Fig. III.78. El espejo secundario se observa en el centro del espejo principal.

- Si el espejo principal y el secundario se observan como en la figura III.79 entonces está alineado el espejo secundario.



Fig. III.79. El espejo principal se ve completo y el espejo secundario está movido hacia la orilla.

- Si el espejo principal y el secundario se observan como en la figura III.80 entonces está descolimado el sistema óptico.

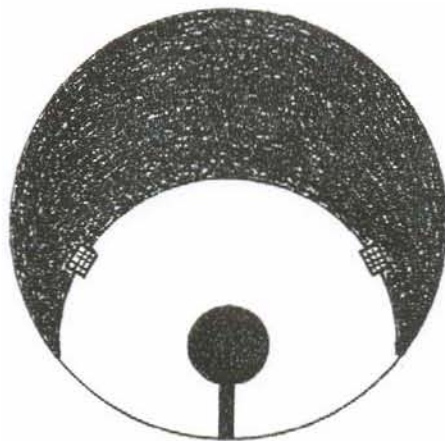


Fig. III.80. El espejo principal se ve incompleto y el brazo del portadiagonal está cortado.

4. Para colimar el espejo secundario (fig. III.81) puede ser que sea suficiente con:
  - Girar el portadiagonal; para ello sólo hay que aflojar un poco el tornillo que lo sostienen al tubo. Nuevamente observar a través del colimador y el espejo principal se verá completo.
  - Girar los tornillos de colimación del portadiagonal (los tornillos Allen) para cambiar la separación entre las bases A y B. Nuevamente observar a través del colimador y el espejo principal se verá completo.
  - En algunos casos será necesario realizar los dos pasos anteriores para que el espejo secundario quede colimado.
5. Para colimar el espejo principal (fig. III.78) se giran las tuercas mariposa de la celda principal (fig. III.66).
  - La colimación del espejo principal debe realizarse entre dos personas.
  - Uno debe de girar una tuerca (apretar o aflojar) y el otro observar a través del colimador el movimiento del portadiagonal.
  - Girar otra tuerca y así sucesivamente la otra hasta que el portadiagonal quede en el centro del espejo principal.

Con el sistema óptico completamente colimado tendremos la seguridad de observar una imagen en el telescopio.

### III.6.7. Tapa inferior y contrapeso

Para colocar la tapa inferior (fig. III.66) se necesita el siguiente material:

- Brocas de 3/32 y 5/16".
- Una regla graduada en milímetros.
- Un taladro.
- Tres pijas fijadora con rondanas (sección III.3.1).
- Un desarmador plano.

Para ensamblar la tapa inferior al tubo:

1. De manera análoga a la colocación de la celda principal, hacemos un orificio guía en el centro del canto de la tapa inferior con la broca 3/32" (fig. III.66). **Nota:** hay que poner una contraseña en este orificio para no perder la referencia.
2. Introducimos la tapa inferior en el interior del tubo de tal manera que este orificio coincida con el que hicimos en el tubo y que a su vez está alineado con el buscador (fig. III.69 y III.70).
3. Atornillamos la tapa inferior al tubo.
4. La tapa inferior se mueve hasta que por los otros dos orificios del tubo la logremos ver.
5. Con el taladro (usando la broca 3/32") hacemos una marca en la tapa inferior metiendo la broca en los orificios del tubo.
6. Retiramos la tapa interior del tubo.
7. Buscamos que las marcas que se hicieron en la tapa inferior queden en el centro del canto.
8. Al centrar las marcas, nuevamente con la broca 3/32" se perfora la tapa para hacer unos orificios de guía.
9. En el centro de la tapa inferior hacemos un orificio con la broca 5/16" (para colocar más adelante el contrapeso).
10. A 5 cm de la orilla de la tapa inferior hacemos otro orificio con la broca 5/16" (para sostener la tapa inferior en el momento de colocarla en el interior del tubo).

Para colocar el contrapeso (fig. III.66) se necesita el siguiente material:

- Cuatro lingotes de plomo (4 kg).
- 1 m de hilo resistente.
- Un arco con segueta.
- Un recipiente metálico de 15.5 cm de diámetro y 3.3 cm de profundidad (una lata de ate de 700 gr).
- Un bote de gas butano de 450 ml con soplete.
- Una franela o guantes de asbesto.
- Agua.
- Una regla graduada en milímetros.
- Brocas de 5/16".
- Un taladro.
- Un tornillo de cabeza hexagonal de 5/16 por 2" con rondana y tuerca.
- Una llave española de 1/2".

El propósito del contrapeso es equilibrar el telescopio en la montura dobsoniana. Como se habrán dado cuenta (sección III.6.6) el tubo gira alrededor del eje horizontal (tapas de la montura), es decir, se cae cuando se suelta de una posición diferente de la vertical. El tubo gira hacia abajo como en un sube y baja.

Para equilibrar el telescopio:

1. Colocamos el telescopio en su montura dobsoniana (fig. III.81).

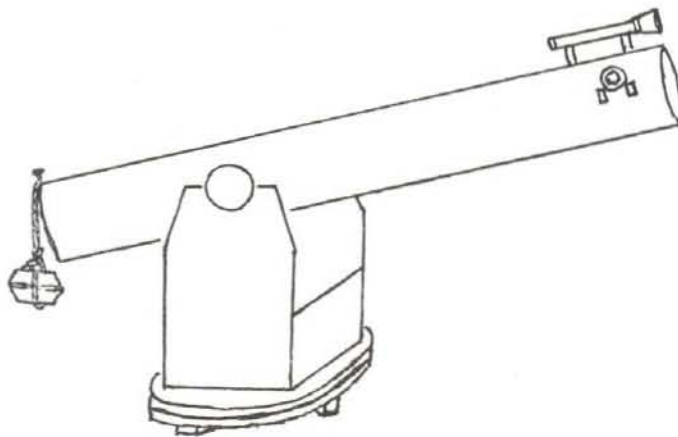


Fig. III.81. El esquema muestra la forma de equilibrar el telescopio.

2. Ponemos la tapa inferior dejando un poco salida la pija que va alineada con el buscador.
3. El hilo se sostiene de la pija que dejamos un poco salida.
4. Los lingotes de plomo se colocan de uno en uno en el hilo hasta que el telescopio deje de girar, en algunos casos es necesario cortar el lingote para lograr esta tarea.

Para fundir el plomo:

1. Necesitamos un lugar ventilado (el patio o un lugar cerca de una ventana)
2. El plomo que equilibra el telescopio lo colocamos en el recipiente metálico.
3. Sobre un ladrillo (material que no se quema) se coloca el recipiente metálico.
4. Ponemos el soplete al bote de gas butano y con un cerillo se enciende.



5. La flama del soplete se pone directamente sobre el plomo hasta que se funde (aproximadamente en 20 minutos).
6. Lo dejamos enfriar hasta que se endurezca.
7. Lo enfriamos bruscamente echándole agua, con esto se logrará despegar el plomo del recipiente metálico con lo que se obtienen un disco.
8. En el centro del disco de plomo hacemos un orificio con la broca 5/16”.
9. El disco se coloca en la tapa inferior colocando el tornillo 5/16” con su tuerca y rondana (fig. III.66) y se aprieta con la llave española de 1/2” hasta que quede fija.

Finalmente ponemos la tapa inferior con el disco de plomo en el interior del tubo. Para facilitar el trabajo, colocamos un desarmador plano el otro orificio de la tapa (el que está a 5 cm de la orilla) para sujetarla. Hay que tener mucho cuidado de una caída ya que un machucón puede ser doloroso. En los orificios guía colocamos las pijas fijadora y apretamos la tapa inferior hasta que quede completamente fija.

### III.6.8. Alineación del buscador

La alineación del buscador tienen como finalidad que al localizar un astro con el buscador también esté a la vista en el ocular. El buscador tienen en su interior dos hilos en forma de cruz que permiten centrar el astro deseado. Los soportes del buscador tienen tres tornillos Allen de colimación que permiten colocar perfectamente paralelo el buscador con el telescopio. Para ello, sólo tenemos que observar con el espejo principal algún objeto distante (una lámpara de las que están en las antenas de comunicaciones sería ideal) y ajustar el buscador hasta que la cruz de hilos se sitúe sobre él (simplemente bastarán 2 ó 3 movimientos). Si esto lo hemos realizado correctamente, cuando tengamos algún astro en la intersección de los hilos del buscador, aparecerá también en el centro del campo del telescopio.

### III.6.9. Tapa superior

La tapa que lleva el tubo en el extremo superior (fig. III.60) simplemente entra a presión. En el momento que se utilice o se realice una observación se retira del telescopio. Siempre que esté guardado debe de tener puesta la tapa superior.

Con esto, terminamos la construcción del telescopio newtoniano y la montura dobsoniana. Este es el momento para que por primera vez el telescopio salga a ver el cielo.

## Capítulo IV    Secuencias didácticas para usar un telescopio

En este capítulo se muestran las estrategias didácticas que se usaron en el aula durante el ciclo escolar 2004-2005 y 2005-2006 con 38 alumnos del grupo 653 en el plantel 5 “José Vasconcelos” de la ENP de la UNAM en la materia de Astronomía. El grupo estuvo formado por jóvenes entre 17 y 18 años, que pertenecen al área físico-matemática y químico-biológica, y forma parte del turno vespertino. También se muestran los materiales didácticos empleados y la secuencia lógica de los contenidos con el propósito de que los profesores conozcan este material, y si lo consideran conveniente lo puedan usar en su práctica docente, ya que estará a su disposición.

Estamos convencidos que con esta propuesta didáctica, el profesor encontrará una manera diferente de enseñar. Su contenido presenta una perspectiva crítica y reflexiva, con una estructura lógica de la disciplina.

### IV.1. Metodología del trabajo en el aula

De acuerdo a lo planteado en el capítulo I, sección I.3 siguiendo con la propuesta de Hewson et al. (1998), Driver et al. (1991) y Varela et al. (1993), la metodología que utilizamos para lograr un aprendizaje significativo en los alumnos se desarrolló conforme a las siguientes etapas:

- Identificar las ideas que los alumnos poseen sobre la temática objeto de la enseñanza.
- Contrasten estas ideas con sus compañeros.
- Emitan hipótesis acerca del comportamiento de determinados sistemas.
- Contrasten sus hipótesis con los resultados aportados por la experimentación y/o el profesor.
- Apliquen las nuevas ideas a otras situaciones.

Tomando en cuenta esta referencia, la secuencia lógica del contenido tiene el propósito de explicar el qué, cuándo y cómo observar con el telescopio de formato pequeño; y desde luego qué debe quedar claro el funcionamiento del mismo, por lo que la secuencia se plantea como sigue:

- Contexto histórico de los telescopios de Galilei y de Newton.
- Funcionamiento básico del telescopio refractor y reflector.
- Identificación y observación de los astros que recorren la eclíptica.

Con la propuesta constructivista, parece lógico que el profesor deje de ser un mero transmisor de conocimientos ya elaborados. Por lo que se convierte en el profesor como guía: los alumnos necesitan orientación para vincular adecuadamente sus experiencias y sus ideas con el nuevo concepto que se está estudiando y para generar vínculos que hagan significativa la nueva información para el aprendizaje. Esta guía, necesaria para que los alumnos aprendan, requiere un profesor muy activo, que interaccione continuamente con los individuos y los grupos, ofreciendo una y otra vez argumentos a favor y en contra de una idea o concepto (Varela et al, 1993).

## IV.2. Características de la materia

La estructura y secuencia del contenido temático es una propuesta que está planteada en el programa de estudios de la asignatura de Astronomía de la ENP, aunque los profesores tienen la libertad para realizar la programación más adecuada a sus posibilidades. En este sentido, la propuesta que estamos planteando, sobre las observaciones de los planetas con el telescopio newtoniano sería mucho más interesante si se realizan a lo largo del ciclo escolar, por aquello de que no todos los planetas se pueden observar en una misma noche, ni en el mismo mes, por lo que hay que programar las observaciones dependiendo de los planetas que sean visibles en el cielo. La enseñanza de la astronomía está ubicada, dentro del plan de estudios, en el 6° año del bachillerato. Es una materia optativa de área I (Físico-Matemáticas y de las Ingenierías) y área II (Químico-Biológicas), y su carácter es teórico.

En el desarrollo del curso, los alumnos podrán aplicar conocimientos y habilidades adquiridos en las asignaturas de Geografía y Dibujo, así como de Física y Matemáticas, entre otras. Finalmente, el estudio de esta asignatura le ayudará a generar interés por estudiar una carrera científica.

Los propósitos generales del programa de Astronomía son:

- Mostrar un panorama general de la astronomía a nivel básico para complementar la cultura científica del alumno.
- Mostrar las interrelaciones que existen entre las diversas ciencias, en particular la física, las matemáticas, la biología y la astrofísica para adquirir una visión general de las ciencias y de sus métodos de trabajo.
- Desarrollar las habilidades psicomotrices de los alumnos mediante la construcción y uso de diversos instrumentos de observación, prototipos didácticos, modelos, maquetas, etc.
- Mostrar al alumno cómo el astrónomo construye su conocimiento.

Entre las características distintivas del curso de Astronomía se encuentran las siguientes:

- Este programa incluye acontecimientos recientes ocurridos en astrofísica (cometas descubiertos en los últimos tiempos, sondas en funcionamiento), así como el uso de las últimas versiones de software educativo, programas de video, revistas y libros.
- El curso se estructura a partir de estrategias didácticas que implican gran participación de los alumnos: en la mayoría de los casos, los temas a tratar se apoyan en prototipos o modelos didácticos de bajo costo que los alumnos y los profesores manipulan en una continua interacción. Además de secuencias didácticas teórico experimentales, visitas guiadas, talleres de instrumentación, sesiones en el planetario, observaciones del cielo con telescopios y binoculares, teleconferencias, manejo de programas de astronomía por computadora, acceso a la red por parte de profesores y alumnos.
- Se realiza una serie de pláticas y talleres sobre astronomía, para fomentar las capacidades creativas de los alumnos.

- Se espera que el profesor cubra la totalidad de los contenidos del programa con las adecuaciones pertinentes en la extensión, profundidad y orden de los temas en función de las características e intereses de los alumnos, sin interferir en su libertad de cátedra.

Apoyándonos en las características de la materia proponemos secuencias didácticas para usar un telescopio newtoniano. En ellas se refleja la experiencia personal como profesor; también se incorporan las nuevas teorías de cómo los alumnos adquieren conocimientos. Estas secuencias didácticas implican la participación activa de los alumnos, por lo que se han realizado una serie de actividades, para que los alumnos sean cada vez más críticos, reflexivos y responsables de su propio aprendizaje.

### IV.3. Secuencias didácticas

Las secuencias didácticas tienen el propósito de que el alumno conozca una reseña histórica del telescopio óptico, comprenda su funcionamiento, pueda construir su propio instrumento (capítulo III) y lo utilice para realizar observaciones del Sol, la Luna, los planetas entre otros. También se plantea lo relacionado a las estrategias usadas para el aprendizaje –tareas, actividades experimentales, etc.- y los mecanismos para la evaluación del aprendizaje que se plantean en el siguiente capítulo.

En relación a las estrategias de enseñanza y el aprendizaje que aplicamos se apoyan en la propuesta de Díaz Barriga y Hernández (2002): identificación de errores (evaluación diagnóstica y discusión en clase), activación de conocimientos previos (preguntas de exploración), discusión guiada (interacción y comunicación con los alumnos), retroalimentación (en tareas y ejercicios), intercambio de experiencias (trabajo en equipos), comprensión de contenidos y procesos (con prácticas guiadas) y actividades para la observación astronómica usando el telescopio newtoniano y el astrolabio direccional. Con esto queremos mostrarles que en el aula ocurre mucho más que la transmisión de un listado de contenidos (en el **anexo D** aparece el plan de clases de todas las actividades que se llevaron a cabo durante la práctica docente).

En particular, los materiales y secuencias didácticas a los que se hace referencia, están enfocados hacia el uso del telescopio, toda la propuesta va en esa dirección. Con estas secuencias queremos mostrar a los profesores algunos experimentos que se pueden hacer en un laboratorio, con materiales que son fáciles de conseguir y de bajo costo. En relación a la observación con telescopio, puede llevarse a cabo en la azotea de un edificio o simplemente en la explanada, todo dentro de la escuela.

#### IV.3.1. Contexto histórico

##### *Propósito*

Mostrar un bosquejo bastante claro, de cómo surgió el telescopio óptico con sus principales autores: Galilei y Newton.

##### *Material*

- Proyector de acetatos
- Acetatos de todas las figuras de la sección II.1

##### *Desarrollo*

En esta actividad se pretende despertar el interés de los alumnos hacia la observación astronómica partiendo de un contexto histórico, en particular tomando como referencia las observaciones de Galilei y Newton.

La propuesta didáctica parte de la idea de que al iniciar un curso o abordar un nuevo tema es importante situar a los alumnos en un contexto histórico, antes de entrar de lleno con el contenido. Este contexto histórico de los telescopios no pretende ser un curso de historia, esta visión nos da un panorama distinto, en el sentido que sólo resalta el desarrollo evolutivo, logrando transmitir de manera general los cambios que se han dado en la astronomía a través de los siglos.

Las investigaciones educativas dicen que esto ofrece una serie de ventajas (Varela et al, 2000):

- Puede ayudar al alumno a considerar la ciencia como un esfuerzo del género humano por comprender y utilizar la naturaleza y el medio en que vive.
- Al considerar cómo los científicos construyen sus investigaciones sobre los trabajos de sus predecesores, se asimila la función acumulativa de la ciencia y cómo trasciende las contribuciones individuales.
- Permite apreciar el auténtico papel de las teorías científicas: conocer su valor descriptivo, de coordinación y de economía del pensamiento, su función predictiva, pero, también, sus limitaciones. Así el alumno comprenderá la naturaleza tentativa de las teorías científicas, la existencia de interpretaciones alternativas, la dependencia de la visión mantenida por la comunidad científica. De este modo no despreciará a los científicos que mantuvieron posturas opuestas a las actuales, ni se sentirá engañado al enterarse de una modificación del cuerpo de conocimientos existentes.
- Asimilar una visión completa de la metodología científica, valorando tanto el papel del pensamiento lógico y analítico (pensamiento lineal) como la función creativa e imaginativa (pensamiento lateral). Al estudiar históricamente algunos episodios de historia de la ciencia, se observa la importancia que ha tenido en muchos casos la intuición (intuición de una persona centrada en la solución de un problema, claro está).
- Mostrar la interacción múltiple entre ciencia y sociedad. La influencia de la ciencia no sólo en el desarrollo tecnológico y en el aumento del bienestar de nuestra sociedad, sino en la visión filosófica, artística, etc., de la misma. Pero la ciencia no es la panacea universal. Los científicos no pueden resolver los problemas (polución atmosférica, residuos nucleares, etc.) ellos solos; los alumnos deben familiarizarse con los aspectos científicos y no científicos de tales problemas.



El profesor apoyándose en los acetatos (figuras del capítulo II sección II.1. ) presenta una discusión guiada<sup>1</sup> del contexto histórico sobre el desarrollo de los instrumentos de observación astronómica, en particular del telescopio de Galilei y el de Newton. Durante la presentación se usan preguntas intercaladas<sup>2</sup> para llevar a cabo una lluvia de ideas del grupo, para conocer las ideas, experiencias y conocimientos previos de los alumnos sobre el tema.

Ejemplos de preguntas intercaladas:

¿qué instrumentos de observación astronómica conocen?, ¿qué han observado a través de un telescopio?, ¿qué han escuchado sobre Galileo Galilei? y ¿sobre Isaac Newton?.

Para terminar con la actividad se propone un organizador gráfico<sup>3</sup> (cuadro sinóptico simple) para promover una organización global más adecuada de la información nueva a aprender

Es interesante que los alumnos reflexionen sobre el ingenio de Galilei para construir su telescopio refractor, así como de todas las observaciones que realizó por muchas noches y en ocasiones durante el día como por ejemplo observar el Sol. También analizar la creatividad de Newton para construir un telescopio reflector de tan pequeñas dimensiones y lo más increíble saber que funciona.

---

<sup>1</sup> En la aplicación de esta estrategia desde el inicio los alumnos activan sus conocimientos previos, y gracias a los intercambios en la discusión con el profesor pueden ir desarrollando y compartiendo con los otros información previa que pudieron no poseer (o al menos no del mismo modo) antes de que la estrategia fuese iniciada.

<sup>2</sup> Son aquellas que se plantean al alumno a lo largo del material o situación de enseñanza y tienen como intención facilitar su aprendizaje. Se les denomina también preguntas adjuntas o insertadas.

<sup>3</sup> Se definen como representaciones visuales que comunican la estructura lógica del material educativo. Los más usados son: los cuadros sinópticos y cuadros C-Q-A (lo que se conoce-lo que se quiere conocer o aprender-lo que se ha aprendido).

Ejemplo de un organizador gráfico:

	<i>Tipo</i>	<i>Construido por</i>	<i>Objetivo principal</i>
<b>Telescopio Óptico</b>	Refractor	Galileo Galilei	Lente plana convexa
	Reflector	Isaac Newton	Espejo cóncavo

### IV.3.2. Funcionamiento básico del telescopio

#### *Propósito*

Comprender el funcionamiento de un telescopio refractor y reflector.

#### *Material*

- Gis
- Pizarrón
- Acetatos de todas las figuras de la sección II.2
- Equipo de óptica
- Flexómetro
- Proyector de acetatos

#### *Desarrollo*

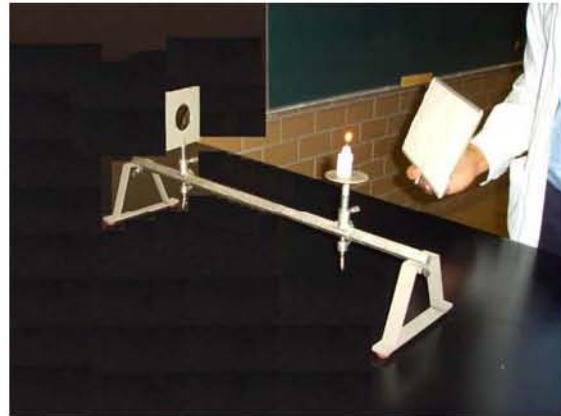
En esta actividad se pretende que los alumnos comprendan la forma en que se puede obtener una imagen, ya sea con una lente o bien con un espejo cóncavo. Además la actividad experimental permite que realicen un proceso de toma de decisiones en equipo y que sean capaces de autoanalizar y autoevaluar su conducta en dichas situaciones.

El profesor para aclarar el funcionamiento de los telescopios plantea una actividad experimental por equipo (fig. IV.1) para obtener imágenes con una lente y un espejo cóncavo. Los alumnos trabajan con el equipo de óptica, siguiendo las instrucciones que se plantean en una práctica de laboratorio (el instrumento se muestra en el **anexo E**):

- Con una vela y una lente convergente compara y registra las características de la imagen respecto al objeto.
- Con una vela y un espejo cóncavo compara y registra las características de la imagen respecto al objeto.



Lente convergente



Espejo cóncavo

Fig. IV.1. Dispositivo experimental.

Al final de las actividades se relata y se comenta a los demás equipos, tanto el resultado del trabajo realizado como el proceso seguido, y se obtienen conclusiones.

En una discusión guiada y retomando los resultados experimentales el profesor usando acetatos (figuras del capítulo II sección II.2) explica como se construyen las imágenes (fig. IV.2), para ello se necesitan organizadores previos<sup>4</sup> para tender un puente cognitivo entre la información nueva y la previa. En este caso relacionar los conceptos de reflexión y refracción de la luz, así como la formación de imágenes usando la óptica geométrica.

<sup>4</sup> Los organizadores previos deben introducirse en la situación de enseñanza antes de que sea presentada la información nueva que se habrá de aprender; por ello se considera una estrategia típicamente preinstruccional.



Imagen que se obtiene con una lente convergente.



Imagen que se obtiene con un espejo cóncavo.

Fig. IV.2. Resultados de las observaciones.

Después de la discusión guiada el profesor realiza analogías<sup>5</sup> de lo visto en la actividad experimental para llegar al funcionamiento básico de un telescopio refractor y reflector. Una vez aclarado el funcionamiento de estos instrumentos, para revisar que ha quedado claro, se les pide a los alumnos que con el equipo de óptica, combinen algunas lentes para construir un pequeño telescopio refractor.

Es interesante que los alumnos encuentren en las actividades experimentales el ingrediente de la curiosidad, el hecho de que puedan manipular el equipo de laboratorio y jugar con el experimento (aprendizaje por descubrimiento) y darse cuenta que hay una teoría que sustenta sus resultados experimentales, eso ya es sorprendente para ellos.

La justificación de los experimentos es para abordar la respuesta a sus preguntas, se pretende que los alumnos jueguen el papel de constructores activos de redes cognitivas significativas que se utilizan en la resolución de problemas en lugar de jugar el papel de receptores de información que ha de aplicarse a actividades prácticas, desde luego que los experimentos van acompañados de una secuencia teórico-experimental, es decir, no son experimentos aislados.

---

<sup>5</sup> Propositiones que indican que una cosa o evento (concreto y familiar) es semejante a otro (desconocido y abstracto o complejo).

Por otro lado, como la participación se da en el grupo o equipo, en realidad se tiene una comunidad de discurso donde los alumnos novatos aprenden de los alumnos más avanzados. Para Vygotski (2003), la ayuda entre los alumnos expertos y novatos se sitúa en la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP)<sup>6</sup> del alumno. La ZDP es el lugar donde, gracias a los soportes y la ayuda de los otros, puede desencadenarse el proceso de construcción, modificación, enriquecimiento y diversificación de los esquemas de conocimiento que define el aprendizaje escolar. Igualmente, desde esta caracterización, se entiende que lo que el alumno es capaz de hacer con ayuda en la ZDP en un momento dado, podrá realizarlo independientemente más adelante: aquello que primero puede realizarse en el plano de lo social o de lo interpersonal, podrá más tarde ser dominado y realizado de manera autónoma por el participante inicialmente menos competente (Onrubia, 2000).

Ejemplo de analogías:

El conjunto de conocimientos y experiencias que resultan de la actividad de formación de imágenes se hace la analogía que nos ayuda a comprender el funcionamiento del telescopio. (se muestra en las figuras II.23, II.24, II.33, II.34 y II.35).

**Nota:** A partir de esta actividad experimental, es un buen momento para iniciar la construcción del telescopio newtoniano (el manual se presenta en el capítulo III).

### IV.3.3. La eclíptica

#### *Propósito*

Ubicar en que región del cielo se mueven el Sol, la Luna, los planetas y las constelaciones del zodiaco.

---

<sup>6</sup> La Zona de Desarrollo Próximo. No es otra cosa que la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz. Cfr. Lev S. Vygotski (2003). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Barcelona: Crítica. P. 133.

### *Material*

- Gis
- Pizarrón
- Acetatos (carpeta 1 de astronomía)
- Prototipo de eclíptica
- Astrolabio direccional
- Proyector de acetatos

### *Desarrollo*

En esta actividad se pretende responder a la pregunta: si esta noche salimos a observar el cielo, ¿en qué región se localizan los planetas?

El profesor para aclarar cuál es la región de la eclíptica plantea una actividad experimental individual. En una discusión guiada el profesor comentara el funcionamiento del astrolabio direccional (Figuroa, 2003). Como tarea se deja la construcción del astrolabio y observar los astros mas brillantes (ubicación) que se encuentren en el cielo y durante el día observar en que región del cielo se mueve el Sol (si es una noche con Luna también se puede observar la región en la que se mueve).

Con una lluvia de ideas<sup>7</sup> se comentan en el grupo las observaciones realizadas por cada uno de los alumnos. En ese momento se muestra el prototipo de eclíptica (fig. IV.3) que está elaborado por: un foco con portalámpara de porcelana y enchufe, aros para bordado y nueve alfileres de plástico de tamaño mediano. El foco representa al Sol, los aros a las órbitas y los alfileres a los nueve planetas (se recomienda pintar las cabezas de los alfileres del color del planeta que representan). Para usar este prototipo consideremos un ejemplo, para visualizar la órbita de Mercurio se abren los aros a  $7^\circ$  y sobre la eclíptica se coloca la esfera que representa a la Tierra y en el otro aro la que representa a Mercurio. De manera análoga se representan las inclinaciones de las órbitas de los demás planetas respecto a la eclíptica.

---

<sup>7</sup> Es una estrategia que permite a los alumnos activar, reflexionar y compartir los conocimientos previos sobre un tema determinado. También se conoce como “tormenta de ideas”.



Fig. IV.3. La eclíptica.

La eclíptica se define como el camino aparente seguido por el Sol en la bóveda celeste durante un año<sup>8</sup>. Hoy en día sabemos que este recorrido del Sol entre las estrellas es sólo aparente; es simplemente, el reflejo del movimiento de la Tierra en torno a él (movimiento de traslación). Es decir, conforme la Tierra se va trasladando a su alrededor lo vamos viendo proyectado sobre diferentes puntos de la bóveda celeste y es este fenómeno el que nos produce la impresión de que se va desplazando entre las estrellas. En otras palabras, la eclíptica no es otra cosa que la proyección de la órbita de la Tierra en la bóveda celeste. Los planetas giran alrededor del Sol cada uno en su propia órbita que va desde 1 a 17° respecto a la órbita de la Tierra, por lo que se dice que giran en la región de la eclíptica. Además de los planetas se encuentra en esta región la Luna y las constelaciones del zodiaco.

Para terminar con esta actividad se realiza un resumen<sup>9</sup> para que el alumno recuerde y comprenda la información relevante del contenido por aprender.

---

<sup>8</sup> Fierro, J. y Herrera, M.A. (1997) La familia del Sol, México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 62).

<sup>9</sup> Síntesis y abstracción de la información relevante de un discurso oral o escrito. Enfatizan conceptos clave, principios y argumento central.

Es interesante que los alumnos puedan visualizar la inclinación de la órbita de los planetas respecto a la eclíptica usando el prototipo ya que los aros permiten variar el ángulo de inclinación entre ellos, lo cual aclara la idea de que el sistema solar está aplanado.

#### IV.3.4. Prototipo de sistema solar

##### *Propósito*

Analizar qué planetas se pueden observar en una noche cualquiera.

##### *Material*

- Gis
- Pizarrón
- Acetatos (carpeta 1 de astronomía)
- Constelaciones de bolsillo
- Prototipo de sistema solar
- Esfera celeste
- Marcadores para acetatos
- Proyector de acetatos

##### *Desarrollo*

En esta actividad se pretende responder a la pregunta: si observamos hoy en la noche los planetas, ¿por qué no vemos por lo menos 5 planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno)?

El profesor para aclarar cuáles son los planetas que se pueden ver en cualquier época del año plantea una actividad por equipo. En una hoja tamaño carta están dibujadas las órbitas de los planetas, conociendo el periodo y la ubicación que tienen los planetas el 21 de marzo, pronosticar:

- La ubicación que tendrán en los meses de abril, mayo y junio.
- La ubicación que tuvieron en el mes de febrero.

Los alumnos marcan cada uno de los planetas usando un color diferente para identificarlos. El primer punto corresponde al 21 de marzo, el siguiente al 21 de febrero y así sucesivamente para las siguientes fechas, de tal manera que en el esquema quedan los puntos que corresponden al lugar que ocupa el planeta en la fecha indicada.



En una discusión guiada se analizan sus resultados, en ese momento se hace uso del prototipo de sistema solar (fig. IV.4) que está conformado por: una base de papel poliestireno decorativo, doce tarjetas de acetato y diez esferas (una de unicel y las otras son alfileres de plástico de tamaño mediano).



Fig. IV.4. Prototipo de sistema solar.

En este sistema solar la esfera de unicel representa el Sol, los alfileres de plástico los planetas (se pueden pintar del color del planeta) y en las tarjetas de acetato se encuentran dibujadas las constelaciones del zodiaco; en la base de papel están dibujadas las órbitas de los nueve planetas tratando de que las órbitas estén más o menos a escala (fig. IV.5).



Fig. IV.5. Los planetas se mueven manualmente cada mes.

El prototipo de sistema solar es un sistema solar en miniatura donde los planetas se mueven manualmente de tal manera que nos permite ver su posición en tiempo real, además podemos ver entre que constelaciones se mueven (fig. IV.6).



Fig. IV.6. Permite visualizar los planetas que se ven en la noche o en el atardecer o bien en el amanecer.

El profesor aplicando una lluvia de ideas identifica las constelaciones del zodiaco haciendo uso de las constelaciones de bolsillo (Figuroa, 2002) que son ilustraciones que claramente describe el color, la magnitud y las estrellas más brillantes que forman dicha constelación.

Para terminar con esta actividad se aplica un organizador gráfico para tener una mejor visión global de las ideas contenidas en la información nueva por aprender.

Es interesante que los alumnos entiendan con este prototipo de sistema solar los planetas que se pueden ver hoy en la noche por ejemplo, además de visualizar a los que se observan en el atardecer o en el amanecer. De esta manera sabemos en caso de hacer una observación qué planetas se pueden ver; esta es una herramienta importante para el profesor por que le permite programar sus observaciones a lo largo del curso.

#### IV.3.5. Los planetas que presentan fases

##### *Propósito*

Descubrir qué imagen presenta el planeta visto desde la Tierra.

##### *Material*

- Esferas de unicel
- Un foco con portalámpara de porcelana y enchufe



Fig. IV.7. Las esferas de unicel representan a los planetas.

### *Desarrollo*

En esta actividad se pretende responder a la pregunta: cuando observamos un planeta con el telescopio, ¿qué imagen del planeta vamos a ver?

El profesor para aclarar la posible imagen que se observará con el telescopio, plantea una actividad experimental por equipo. Simular el movimiento de un planeta que se mueve:

- Entre el Sol y la Tierra.
- Más allá de la órbita de la Tierra.

Esto es para comprender si el planeta presenta fases como la Luna.

En la actividad planteamos la analogía de que el foco representa al Sol y la esfera de unicel a un planeta.

En el primer caso, se encienden el foco y se colocan un planeta entre el foco y los alumnos (ellos representan la Tierra) como se ve en la figura IV.8. El planeta se gira alrededor del foco cuidando que a la cara oscura no le de la luz.

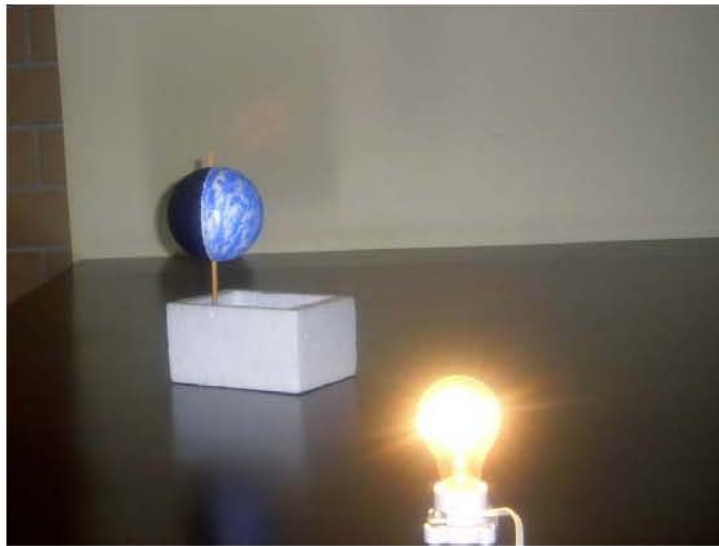


Fig. IV.8. Un planeta que se mueve entre el Sol y la Tierra.

Para el segundo caso, se enciende el foco y se coloca el planeta más allá de la órbita de la Tierra, es decir, los alumnos se colocan entre el foco y el planeta. El planeta se gira alrededor del foco cuidando que a la cara oscura no le de la luz (fig. IV.9).

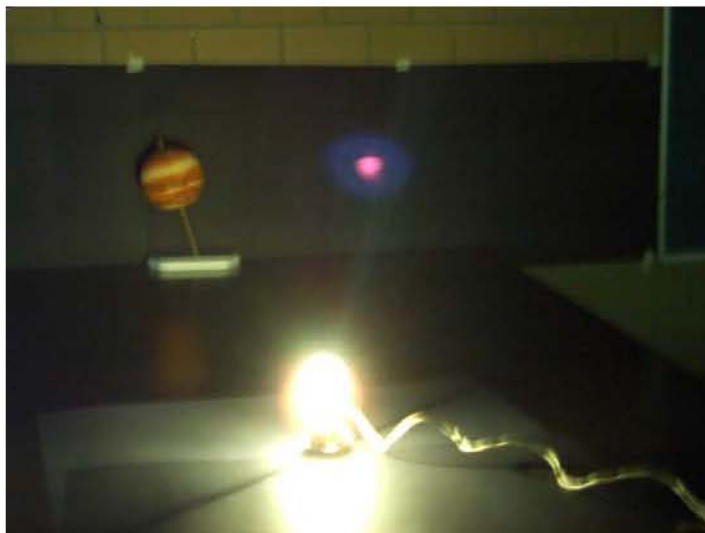


Fig. IV.9. Un planeta que se mueve más allá de la órbita de la Tierra.

En una discusión guiada y haciendo uso de preguntas intercaladas se analiza cómo es la imagen que se puede ver del planeta dependiendo de la ubicación del mismo respecto a la Tierra.

Para terminar esta actividad se propone a los alumnos un cuadro sinóptico simple para que les ayude a recordar la información aprendida.

Es interesante que los alumnos reflexionen de por qué los planetas que están entre el Sol y la Tierra (Mercurio y Venus) presentan fases como la Luna; para los que están más allá de la órbita de la Tierra (Marte, Júpiter, Saturno, etc.), siempre se ven como un disco completo.

La mitad de la esfera de unicel se pinta de negro para representar que solamente una parte del planeta es iluminado por la luz del Sol. La siguiente figura IV.10 que representa la Tierra muestra claramente que una fracción del planeta se encuentra oscuro (el día y la noche).



Fig. IV.10. El día y la noche en la Tierra.

#### IV.3.6. La primera observación: la Luna

##### *Propósito*

Utilizar el telescopio newtoniano para realizar observaciones.

##### *Material*

- Un telescopio newtoniano
- Una noche con Luna

##### *Desarrollo*

En esta actividad se pretende despertar el interés de los alumnos hacia la exploración de la Luna, con la intención de provocar la búsqueda de información del satélite de la Tierra.

El profesor organiza una discusión guiada para revisar las partes ópticas del telescopio, la forma en que se debe mover (la montura dobsoniana) y cómo localizar el astro que queremos observar (uso del buscador). Para aprender a usar el telescopio se observa la Luna, ya que por ser el satélite de la Tierra esta cerca y es muy grande, por lo que se facilita su observación.

Fig. IV.11. Imagen de la Luna tomada con un telescopio pequeño.



El profesor usa la Luna como pretexto para usar el telescopio, pero desde luego que debe de tener otro propósito para los alumnos. En este caso se plantea el “proyecto Luna” que consiste en una exploración de la superficie lunar, lo cual da motivo para dibujar, investigar sus propiedades físicas (tamaño, temperatura, densidad, etc.) e identificar los nombres de las montañas, mares y cráteres.

Después de que los alumnos ya realizaron sus observaciones y sus investigaciones, el profesor reafirma el aprendizaje transmitiendo una películas sobre la Luna (en la sala de audiovisual se cuenta con excelentes películas de la Luna que duran aproximadamente 20 minutos).

Para terminar con esta actividad se propone un organizador gráfico de la información más relevante de la Luna.

#### Datos de la Luna<sup>10</sup>

Distancia media a la Tierra (km)	384 000
Periodo de revolución sideral (alrededor de la Tierra) (días)	27.3
Velocidad orbital (km/s)	0.94
Inclinación de la órbita respecto a la eclíptica	5.0°
Diámetro ecuatorial (km)	3 476
Masa (Tierra <sup>11</sup> = 1)	0.012
Temperatura media (C)	120 a -110
Magnitud aparente	- 12.7

### IV.3.7. La segunda vez: los planetas

#### *Propósito*

Manipular el telescopio newtoniano en la observación de los planetas.

#### *Material*

- Un telescopio newtoniano
- Una noche con planetas

**Nota:** Los planetas que se pueden observar fácilmente con el telescopio son: Venus, Marte, Júpiter y Saturno.

#### *Desarrollo*

En esta actividad se pretende despertar el interés de los alumnos hacia la exploración de los planetas, con la intención de provocar la búsqueda de información de cada uno de estos vagabundos del sistema solar.

El profesor organiza una discusión guiada sobre el astro que se va a observar. Para seguir aprendiendo a usar el telescopio se observa un planeta, puede ser que en una noche se logre

---

<sup>10</sup> Uno de los libros más completo en información y datos sobre la Luna , el Sol y los planetas es Fierro, J. y Herrera, M.A. (1997) La familia del Sol, México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 62).

<sup>11</sup> Masa de la Tierra =  $5.98 \times 10^{24}$  kg.



ver más de uno; los planetas permanecen durante mucho tiempo en el cielo por lo que se facilita su observación.

El profesor usa el planeta nuevamente como pretexto para usar el telescopio, pero desde el punto de vista didáctico debe de tener otro propósito para los alumnos. En este caso se plantea el “proyecto Planeta” que consiste en una exploración de la superficie de dicho astro, lo cual da motivo para dibujar e investigar sus propiedades físicas (tamaño, temperatura, densidad, etc.) y químicas (composición de la superficie y la atmósfera).

Después de que los alumnos han realizado la investigación del astro que observaron, el profesor puede realimentar el tema con algunas actividades fenomenológicas<sup>12</sup>:

1. Observación de Mercurio
2. Atmósfera de Venus
3. Retroceso de Marte
4. Mancha de Júpiter
5. Anillos de Saturno

Las actividades son experimentos que se realizan en muy poco tiempo y que permiten una lluvia de ideas entre el profesor y los alumnos después de terminar el ejercicio; se ponen a prueba los conocimientos aprendidos sobre el tema. En estas actividades el análisis es esencialmente una descripción del fenómeno.

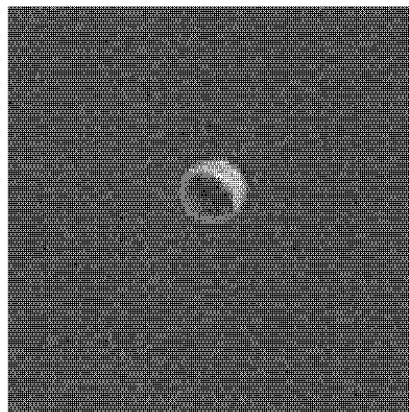
Por otro lado, es interesante que el profesor conozca la imagen que se puede ver con nuestro telescopio newtoniano, en otras palabras que se asome al telescopio por lo menos una vez. Para que no se sorprenda de lo que puede encontrar, las imágenes que se muestran son tomadas con ese pequeño telescopio con el que cuenta en su plantel.

---

<sup>12</sup> Para mayores detalles de las actividades fenomenológicas consultar el libro: VanCleave, J. (2001) *Astronomía para niños y jóvenes*, México: Limusa.

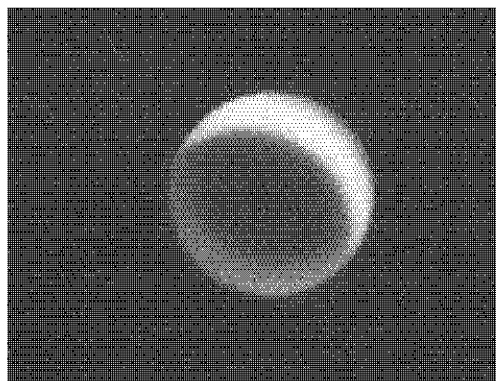
## Mercurio

Distancia al Sol (UA <sup>13</sup> )	0.38
Periodo de revolución sideral (alrededor del Sol) (días)	87.97
Velocidad orbital (km/s)	47.87
Inclinación de la órbita respecto a la eclíptica	7.0°
Diámetro ecuatorial (km)	4 878
Masa (Tierra = 1)	0.055
Temperatura media (C)	350
Magnitud aparente	de 3.0 a - 2.0



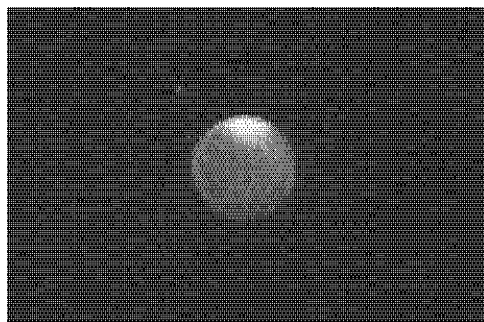
## Venus

Distancia al Sol (UA)	0.72
Periodo de revolución sideral (alrededor del Sol) (días)	224.70
Velocidad orbital (km/s)	35.02
Inclinación de la órbita respecto a la eclíptica	3.4°
Diámetro ecuatorial (km)	12 104
Masa (Tierra = 1)	0.815
Temperatura media (C)	480
Magnitud aparente	de - 4.6 a - 4.0



## Marte

Distancia al Sol (UA)	1.52
Periodo de revolución sideral (alrededor del Sol) (días)	686.98
Velocidad orbital (km/s)	24.13
Inclinación de la órbita respecto a la eclíptica	1.9°
Diámetro ecuatorial (km)	6 794
Masa (Tierra = 1)	0.107
Temperatura media (C)	- 23
Magnitud aparente	de 1.8 a -2.6



---

<sup>13</sup> UA = 150 x 10<sup>6</sup> km

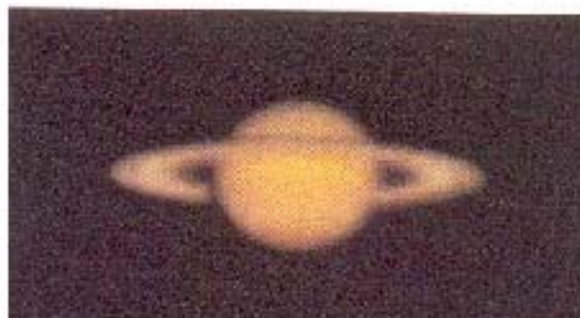
## Júpiter

Distancia al Sol (UA)	5.1
Periodo de revolución sideral (alrededor del Sol) (días)	4 332.71
Velocidad orbital (km/s)	13.06
Inclinación de la órbita respecto a la eclíptica	1.3°
Diámetro ecuatorial (km)	142 792
Masa (Tierra = 1)	317.8
Temperatura media (C)	- 150
Magnitud aparente	de - 2.5 a -1.2



## Saturno

Distancia al Sol (UA)	9.52
Periodo de revolución sideral (alrededor del Sol) (días)	10 759.50
Velocidad orbital (km/s)	9.66
Inclinación de la órbita respecto a la eclíptica	2.5°
Diámetro ecuatorial (km)	120 000
Masa (Tierra = 1)	94.3
Temperatura media (C)	- 180
Magnitud aparente	de 1.5 a 0.6



Por último, si los alumnos ya realizaron sus observaciones y sus investigaciones, el profesor reafirma el aprendizaje transmitiendo una películas sobre cada uno de los astros que observaron (en los planes se cuenta con excelentes películas de cada uno de los planetas que duran aproximadamente 20 minutos).

Para terminar con esta actividad se propone nuevamente un organizador gráfico de la información más relevante de cada uno de los planetas que se observaron.

#### IV.3.8. Con protección: el Sol

##### *Propósito*

Practicar la observación astronómica con el telescopio newtoniano.

##### *Material*

- Un telescopio newtoniano
- Un día soleado
- Filtro solar

##### *Desarrollo*

En esta actividad se pretende despertar el interés de los alumnos hacia la exploración del Sol, con la intención de provocar la búsqueda de información de la estrella más cercana a la Tierra.

El profesor para terminar con la observación astronómica propone una actividad experimental por equipo. En una discusión guiada el profesor comentara el funcionamiento del filtro solar para poder ver el Sol con toda seguridad (Figuroa, 2002).

**PELIGRO:** Por ningún motivo se observe el Sol sin ponerle el filtro solar en la entrada del telescopio. Si se desconfía del filtro se puede proyectar la imagen en una pantalla o pared.

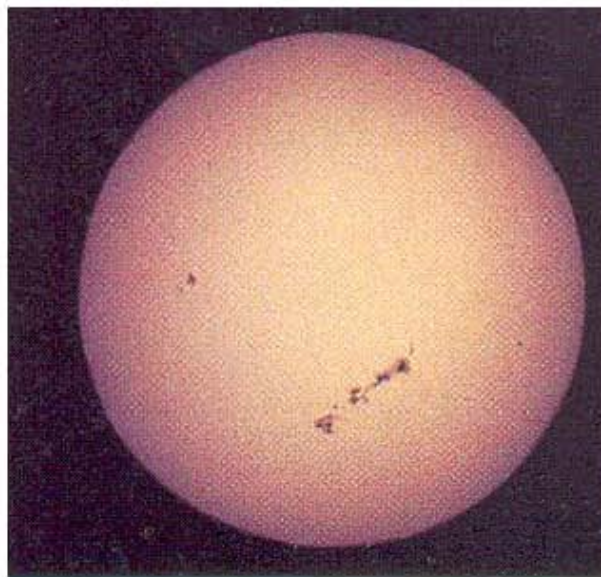


Fig. IV.17. Manchas solares.

En este caso, el profesor usa el Sol como pretexto para usar el telescopio, para los alumnos debe de tener otro propósito bien definido. En este caso se plantea el “proyecto Sol” que consiste en una exploración de la superficie solar, lo cual da motivo para dibujar e investigar sus propiedades físicas (tamaño, temperatura, densidad, etc.) y químicas (composición, reacciones nucleare, etc.). En particular, lo que se puede observar muy bien con nuestro telescopio son las manchas solares como se ven en la figura IV.17. Por tanto, el profesor puede dejar un trabajo de investigación sobre las manchas solares y después en una discusión grupal analizar lo que encontraron los alumnos.

En seguida de que los alumnos realizaron sus observaciones y sus investigaciones, el profesor reafirma el aprendizaje transmitiendo una película sobre el Sol (si visita la sala de audiovisual encontrara películas del Sol con un excelente contenido que duran aproximadamente 20 minutos).

Finalmente para terminar con esta actividad se propone otro organizador gráfico de la información más relevante del Sol.

#### Datos del Sol

Distancia de la Tierra (UA)	1
Periodo de rotación (con respecto a las estrellas): en el ecuador (días)	25
cerca de los polos (días)	35
Diámetro ecuatorial (km)	1 400 000
Masa (kg)	$2 \times 10^{30}$
Color	Amarillo
Clase espectral	G2 V
Constante solar ( $\text{watt/m}^2$ )	1370
Edad (años)	$4.5 \times 10^9$
Densidad media ( $\text{kg/m}^3$ )	1409
Temperatura superficial (C)	6 000
Magnitud aparente	- 26.7

## Capítulo V Evaluación de la enseñanza y el aprendizaje

En este capítulo se plantea una propuesta de evaluación que pretende valorar los aprendizajes de los alumnos y nuestro propio trabajo docente, es decir, la enseñanza que planificamos y desarrollamos con los alumnos.

Es evidente que en los últimos años, la evaluación ha adquirido un lugar importante en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje hasta convertirse en un ingrediente de atención de los análisis y las reflexiones de los debates pedagógicos.

Tenemos que asumir que no basta con evaluar los aprendizajes que llevan a cabo nuestros alumnos, sino que es necesario, además, evaluar nuestra propia actuación como profesores y las actividades de enseñanza que planificamos y desarrollamos con ellos. Sin embargo, a pesar de todo lo que se proponga, la evaluación seguirá siendo uno de los ingredientes de nuestra actividad profesional que continuará planteando mayores dificultades, dudas y contradicciones (Coll y Martín, 2000).

El capítulo está estructurado en tres partes: la primera corresponde a la evaluación del aprendizaje, en la segunda parte, se presenta la evaluación de la enseñanza y por último los resultados obtenidos con la propuesta que estamos planteando. También se incluyen los instrumentos de evaluación que se aplicaron durante la práctica docente.

### V.1. Evaluación del aprendizaje

Lo primero que tenemos que reconocer como profesores, es que existen diferentes tipos de evaluación y de que ésta puede y debe cumplir funciones distintas, por lo que es necesario, en consecuencia, utilizar procedimientos y técnicas de evaluación igualmente diferenciadas.

Sobre la evaluación, Gimeno Sacristán (2000), considera que: «Evaluar hace referencia a cualquier proceso por medio del cual alguna o varias características de un alumno, de un grupo de estudiantes, de un ambiente educativo, de objetivos educativos, de materiales,

profesores, programas, etc., reciben la atención del que evalúa, se analizan y se valoran sus características y condiciones en función de unos criterios o puntos de referencia, para emitir un juicio que sea relevante para la educación». Desde mi punto de vista, la evaluación es un medidor del proceso de la enseñanza y el aprendizaje. Es el instrumento que me permite ver el grado de aprendizaje alcanzado por los alumnos, así como para hacer los ajustes necesarios en las estrategias para mejorar el desarrollo del curso y con ello un aprendizaje significativo del alumno. Por otro lado, también me permite ver si he logrado ser el mediador o guía del aprendizaje.

La evaluación del aprendizaje de los alumnos se basa en la propuesta que hace Estévez (2004), tiene que ver con un enfoque que considera la evaluación como una actividad plenamente integrada al diseño curricular, la enseñanza y el aprendizaje. El tipo de evaluación que aquí se presenta reconoce tres tipos de evaluación: diagnóstica, formativa y sumativa. A continuación se describe en que consiste cada una de ellas.

#### V.1.1. Evaluación diagnóstica

La evaluación diagnóstica se aplica con el propósito de conocer lo que los alumno saben sobre los contenidos, es decir, si cuenta con los conocimientos mínimos necesarios para comprender los nuevos temas, así como las interpretaciones personales. Además, de esta manera se sabe del nivel o profundidad con que se tienen que abordar dichos contenidos y las estrategias didácticas que se tienen que usar para modificar las ideas personales. Suele hacerse al comienzo del curso y al inicio de cada unidad temática.

Ausubel (1997) decía: «Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto, y enséñese consecuentemente». En este sentido, para averiguar lo que el alumno sabe o sus ideas previas, el camino por donde hay que empezar es con una evaluación diagnóstica.

En este caso, la evaluación diagnóstica se aplicó al principio de la propuesta didáctica (curso), ya que como se mencionó en el capítulo anterior lo que se pretende es que los alumnos tengan un contexto histórico del telescopio, conozcan el funcionamiento básico del

mismo y lo usen para la observación de los astros que recorren la eclíptica, por lo que todo el contenido forma parte de una unidad temática. Los resultados obtenidos (se muestran en la sección V.3.1) con este instrumento sirvieron para diseñar más estrategias didácticas en aquellos temas que a los alumnos les causa problemas. Por ejemplo, ¿qué parte del cielo hay que observar para localizar los planetas?, ¿qué astros recorren la eclíptica?, ¿por qué si salimos a observar en la noche, no vemos por lo menos cinco planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno)?, etc.

El instrumento que se usó es el siguiente:

Escuela Nacional Preparatoria  
Astronomía

*Evaluación Diagnóstica*

Nombre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

***Contesta de manera honesta las siguientes preguntas***

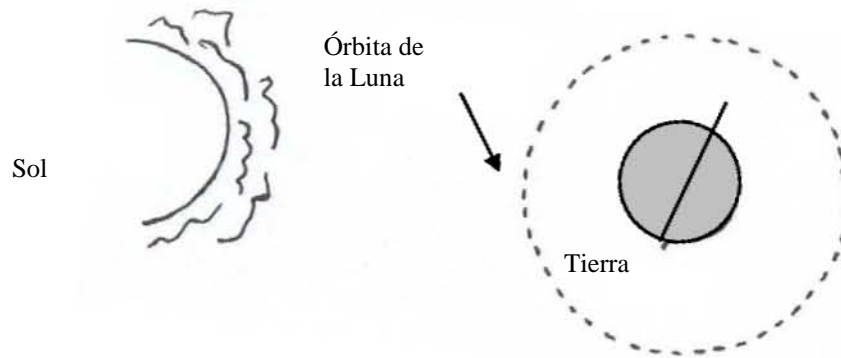
1. ¿Qué instrumentos de observación astronómica conoces?
2. Explica el funcionamiento de uno de los instrumentos que mencionaste anteriormente.
3. Menciona lo que recuerdes sobre la refracción de la luz.
4. Menciona lo que recuerdes sobre la reflexión de la luz.
5. Imagina que tienes una vela encendida, como lo indica la figura. Dibuja en ella con líneas o flechas la dirección en que emite la luz.



6. ¿Cómo podrías dar la ubicación de un astro?
7. Para observar un planeta crees que se necesita de un instrumento astronómico. Explica tu respuesta.
8. ¿En qué región del cielo se mueven los planetas?



9. El siguiente esquema representa al Sol, la Tierra y la órbita de la Luna. Dibuja a la Luna de tal manera que la luz que refleje, se encuentre en fase de Luna “llena”.



10. Dibuja las estrellas de una constelación que recuerdes haber visto y si es posible indica su nombre.

11. Menciona algunas características que recuerdes de los planetas:

Júpiter

Marte

Mercurio

Neptuno

Plutón

Saturno

Urano

Venus

### V.1.2. Evaluación formativa

La evaluación formativa se aplica con el propósito de obtener información sobre los problemas que se generan durante el proceso de aprendizaje, con el fin de incidir en éste e introducir correcciones que apoyen el progreso de los alumnos.

Para este caso en particular, se llevó un “diario del profesor” para registrar a cada uno de los alumnos. El diario es un registro de las observaciones durante la clase que proporcionan un tesoro de información relacionado con el aprendizaje y el desarrollo de los alumnos.

Los factores que se observaron y se registraron son los siguientes: ¿de que manera plantea un problema?, ¿qué tan persistente es para llevar a cabo una tarea?, ¿qué atención presta para escuchar las ideas de sus compañeros?, ¿qué actividades parecen atraer su interés?, ¿qué contribuciones aporta a las actividades de la clase?, ¿cómo trabaja en equipo con sus compañeros?, ¿cómo responde ante el halago y la crítica de sus compañeros?. El hecho de notar cuáles son los comentarios y actos de un alumno en varias situaciones naturales proporciona ciertos indicios de cuáles son sus actitudes, intereses, susceptibilidad para apreciar las cosas, hábitos y pautas de ajuste. Con esta información se puede saber que temas necesitan más refuerzo, ya sea con otros o más ejemplos, o bien, qué otras actividades experimentales se pueden llevar a cabo.

En la evaluación formativa, también se incluye una “autoevaluación del alumno” para conocer su punto de vista, es decir, saber cómo percibe las cosas, y contrastarlo con mis observaciones y a su vez con los resultados de los diferentes instrumentos de evaluación.

El instrumento que se usó es el siguiente:

### Autoevaluación del alumno

Nombre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Estimado alumno(a):

Sabemos que aprecias este curso. Que valoras tu educación y te esfuerzas por aprender. Por todo esto, se te pide que respondas a la siguiente encuesta, colocando una X en la casilla que conteste a cada una de las preguntas.

Gracias por tu colaboración.

	Sí	No sé	No
1. Cumplí con las tareas acordadas en el grupo			
2. Participé activamente en las discusiones en la clase			
3. Traté con respeto a mis compañeros			
4. Formulé preguntas pertinentes relacionadas con el tema			
5. Desarrollé actividades para comprender el tema			
6. Los integrantes del equipo trabajamos por igual durante las actividades experimentales			
7. Escuché con atención al profesor en la clase			
8. Traté con cuidado el material en las actividades experimentales			
9. Cumplí con los trabajos que se realizaron en equipo			
10. Asistí siempre a clases			
11. Compartí ideas con mis compañeros que les ayudaron a comprender el tema			
12. Adquirí nuevos conocimientos que me parecen interesantes			
13. Realicé actividades que atraen mi interés			
14. Creo que he aprendido con este profesor			

Creo que mi calificación en este curso debe ser: \_\_\_\_\_

#### V.1.3. Evaluación sumativa

La evaluación sumativa se aplica con el propósito de determinar el estado final o niveles de rendimiento de un alumno al término de un curso o de una unidad didáctica. En este caso, se considera como una evaluación continua y acumulativa a lo largo de la enseñanza. También es la evaluación con una función social que está asociada con la calificación o acreditación.

Me gustaría que todos mis alumnos tuvieran el curso acreditado y que asistieran únicamente por el gusto y el placer de aprender. Sin embargo, la misma institución y la sociedad obligan al profesor a emitir un juicio.

Mi experiencia docente a través de los años, trabajando con grupos de 4°, 5° y 6° grado, en las materias de física, matemáticas y astronomía en la ENP, me lleva a considerar los siguientes elementos a evaluar:

- Asistencia a clases
- Participación en clases
- Tareas
- Actividades experimentales (trabajo en equipo)
- Evaluación parcial

En esta evaluación que estamos proponiendo, todas las actividades tienen el mismo peso, es decir, son igual de importantes. Con estos elementos se asienta una calificación. El criterio es el siguiente: la asistencia a clases es importante porque de esta manera se le puede dar seguimiento al aprendizaje de los alumnos, así que en cada clase se pasa lista; la participación en clase es para estimular al alumno, y el mejor estímulo es ofrecer puntos extras en la evaluación parcial, por lo que el alumno tiene el privilegio de participar libremente –no se le obliga con preguntas dirigidas a alguien en especial- y puede expresar sus ideas, con la seguridad de que serán respetadas; las tareas planteadas tienen el propósito de reafirmar lo visto en clase, con esto se logra generar comunidades de discurso, porque se discuten y se revisan en el grupo. Dentro de las tareas está la construcción de material didáctico, tiene que ver con el desarrollo de las habilidades psicomotrices de los alumnos mediante la construcción y uso de diversos instrumentos de observación, prototipos didácticos, etc.; en la actividad experimental se consideran tres partes, la primera tiene que ver con los resultados y las observaciones del experimento, la segunda con preguntas de reflexión que están relacionadas con la parte teórica del experimento, y la tercera con una parte que tiene que ver con investigar más sobre el tema; la evaluación parcial (con preguntas abiertas y cerradas, que incluye preguntas conceptuales y problemas de aplicación) es para obtener información que permita derivar conclusiones importantes sobre el grado de

éxito y eficacia de la experiencia educativa global emprendida, con el fin de obtener información para saber si los alumnos serán o no capaces de aprender otros nuevos contenidos (en un nuevo ciclo posterior) relacionados con los ya evaluados (Coll, 1988) y, en caso necesario, buscar realizar ajustes pertinentes aun cuando se trate de un curso nuevo, o bien, para derivar conclusiones sobre la eficacia de las experiencias y estrategias pedagógicas propuestas en el proceso o ciclo terminado. En el primer caso, las consecuencias, pueden recaer sobre los mismos alumnos en el próximo ciclo; y en el segundo, los beneficios repercutirán no sobre los alumnos evaluados sino sobre una generación nueva de alumnos que podrían interactuar con un programa mejorado gracias a las conclusiones obtenidas en dicha evaluación (Díaz Barriga y Hernández, 2001).

La asistencia a clases, tareas, actividades experimentales y evaluación parcial tienen una calificación numérica y como lo mencionamos antes, todas son importantes por lo que tienen el mismo porcentaje, sólo se suman y se dividen entre el número de calificaciones. Con este criterio de calificación, los alumnos tienen que hacer las cosas bien y no hay excusa para hacer las cosas al ahí se va o simplemente no lo hacen porque tienen poco valor numérico.

Con la evaluación sumativa, además de la evaluación diagnóstica y formativa se pretende tener evidencia de los aprendizajes logrados por los alumnos. Sin embargo, aún con esta evaluación que proponemos, es muy probable que los alumnos siempre aprenden mucho más de lo que somos capaces de captar con las actividades de evaluación en las que les proponemos participar.

El instrumento de la evaluación parcial se apoya en la guía para evaluar el aprendizaje teórico y práctico de Quesada (1991), se propone una evaluación escrita con reactivos de respuesta restringida (opción múltiple y correspondencia) y reactivos de respuesta abierta. En los reactivos aparecen ilustraciones para facilitar la interpretación del enunciado y también se incluyen reactivos donde la respuesta sea a través de una ilustración.

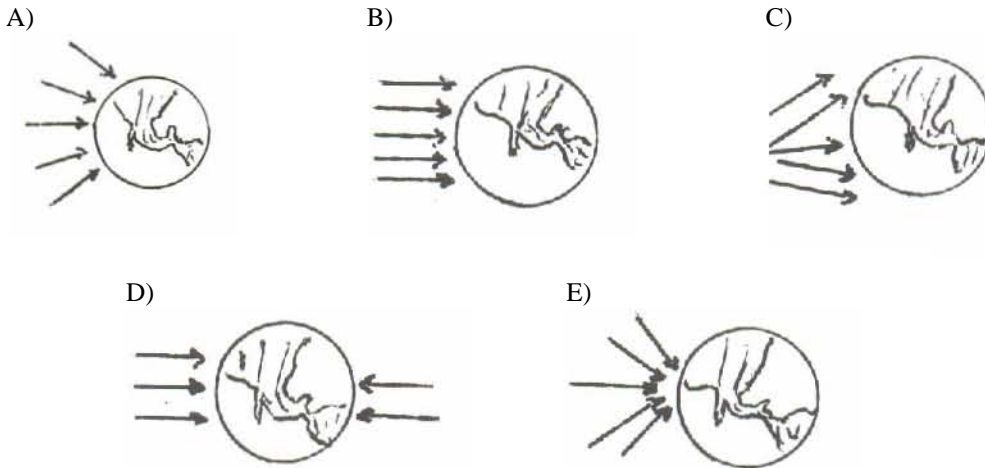
El instrumento que se usó como evaluación parcial es el siguiente:

*Evaluación parcial*

Nombre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

**I. Subraya la respuesta correcta**

1. ¿Cuál esquema representa mejor la forma en que llegan los rayos del Sol a la Tierra?



2. ¿Qué tipo de telescopio construyó Newton para observar el cielo?

- A) Radiotelescopio
- B) Reflector
- C) Refractor
- D) Astrolabio
- E) GPS

3. ¿Quién fue el primero que observó las manchas solares a través de un telescopio?

- A) Copernico
- B) Kepler
- C) Newton
- D) Ptolomeo
- E) Galileo

4. En un telescopio que tiene un espejo cóncavo, ¿cuál es el fenómeno de la luz que permite obtener la imagen de un astro justo en la distancia focal del espejo?

- A) Reflexión
- B) Interferencia
- C) Refracción
- D) Difracción
- E) Polarización

5. Cuando la luz cruza por una lente, se dice que es un fenómeno de:

- A) Reflexión
- B) Interferencia
- C) Refracción
- D) Difracción
- E) Polarización

6. La imagen de un objeto que se obtiene con una lupa es:

- A) Siempre virtual porque la imagen es derecha
- B) Siempre real porque la imagen es invertida
- C) Falso que se obtenga una imagen
- D) Virtual o real dependiendo de donde este el objeto
- E) Un punto de luz muy intenso en todos los casos

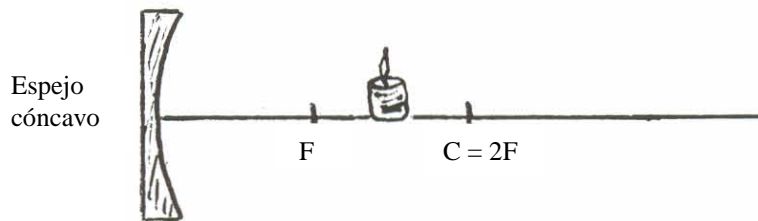
**II. Contesta lo que se te pide**

1. Imagina que tienes una vela encendida, como lo indica la figura. Dibuja en ella con líneas o flechas la dirección en que emite la luz.



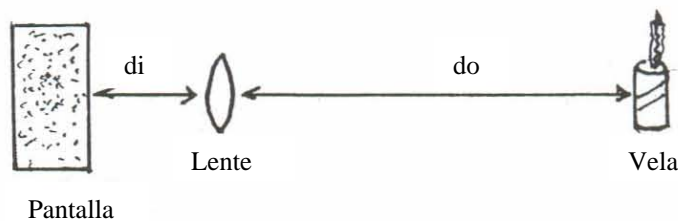
2. Explica brevemente cómo funciona un telescopio óptico.

3. Usa la óptica geométrica para obtener la imagen de la vela que se muestra en el siguiente esquema. Si sabemos que el espejo cóncavo tiene una distancia focal  $F$ .



4. Se tienen una lente convergente y una vela como se muestra en el dibujo. Experimentalmente se puede ver que cuando la vela se coloca a diferentes distancias de la lente, la imagen se forma en las distancias siguientes:

$d_o$ (cm)	$d_i$ (cm)
100	15.5
200	15.3
300	15.1
400	15.0



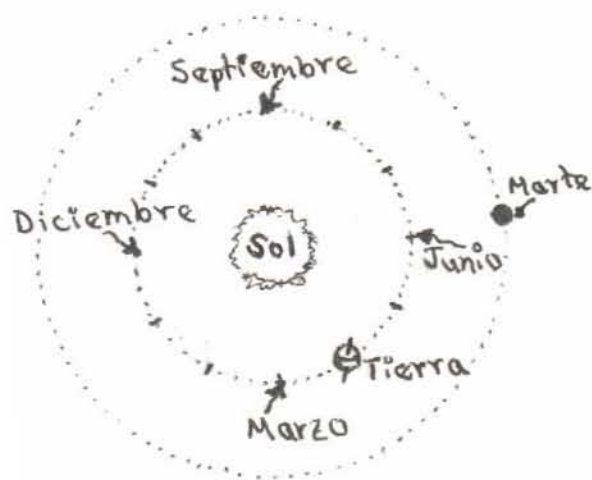
- a) ¿Qué se puede concluir de la distancia focal de la lente?
- b) ¿Cómo llegan a la lente los rayos de luz que emite la vela?
- c) ¿Qué característica tendrá la imagen?

5. Con la ayuda del astrolabio, explica cómo se puede obtener la ubicación de un astro.

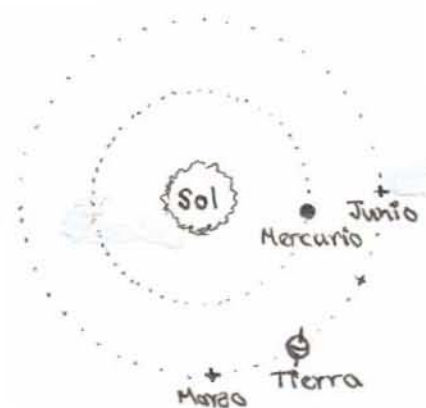
6. Menciona por lo menos 4 planetas y 6 constelaciones que se mueven en la región de la eclíptica.

7. Se sabe que el periodo de Marte es de 687 días. Según el dibujo, diga en qué fecha aproximadamente se dará un acercamiento entre la Tierra y Marte.

Pista: En un mes, Marte recorre  $15.5^\circ$  de arco de circunferencia.

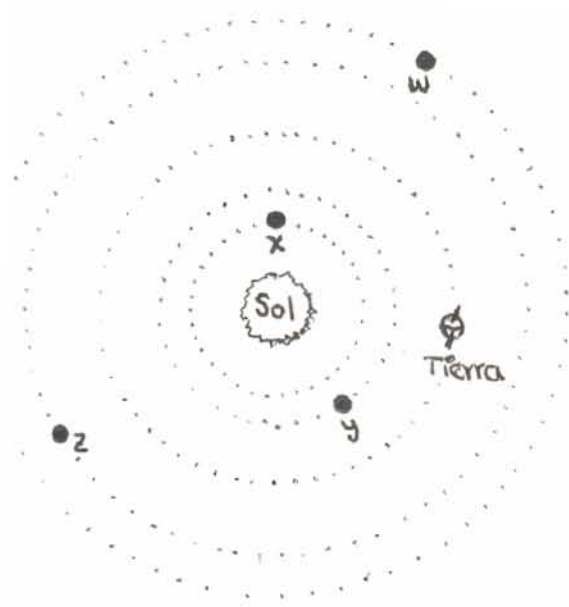


8. Si Mercurio tarda 88 días en dar una vuelta al Sol y se sabe su posición en el mes de abril. Marca en el esquema la posición que Mercurio tendrá en el mes de mayo y la que tuvo en el mes de marzo.



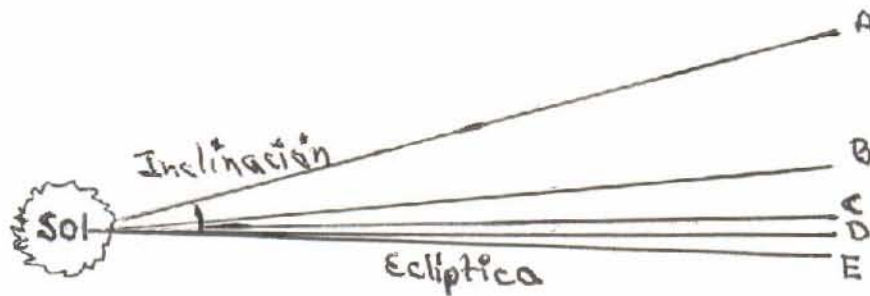


9. Se tienen cuatro planetas W, X, Y, y Z girando alrededor del Sol como se ve en el dibujo. Si observamos los planetas desde la Tierra:
- ¿Cuál o cuáles planetas presentan fases como la Luna?
  - ¿Cuál o cuáles planetas no presentan fases?



10. En el dibujo se muestra la inclinación de las órbitas de los planetas. Esta inclinación es a partir de la eclíptica. Relaciona la órbita que corresponde al planeta que se indica.

- \_\_\_\_\_ Mercurio
- \_\_\_\_\_ Venus
- \_\_\_\_\_ Tierra
- \_\_\_\_\_ Júpiter
- \_\_\_\_\_ Plutón



## V.2. Evaluación de la enseñanza

La evaluación de la enseñanza del profesor toma un papel importante dentro de la evaluación educativa. El propósito de esta evaluación es que el profesor reciba una retroalimentación en las actividades que tienen que ver con su trabajo docente (dominio de la materia, el diseño de secuencias didácticas, el uso de materiales didácticos, sus actitudes y valores que transmite, etc.), por lo que se propone una evaluación formativa.

La evaluación de la enseñanza le ofrece al profesor un marco para analizar y reflexionar sobre las decisiones que toma en la planificación y en el curso de la enseñanza, por ejemplo

para elaborar instrumentos de evaluación coherente con lo que se enseña; para elaborar materiales didácticos; etc. Paralelamente, aporta criterios para comprender lo que ocurre en el aula: por qué un alumno no aprende; por qué ese material cuidadosamente planificado no funcionó; por qué a veces el profesor no tiene indicadores que le permitan ayudar a sus alumnos (Coll y Solé, 2000).

La evaluación de la enseñanza del profesor se basa en la propuesta que hace Nieto Gil (2001), se propone en este caso una evaluación por parte de los alumnos, del supervisor, del par y finalmente una autoevaluación. A continuación se describe la importancia de cada una de estas evaluaciones y se presentan los instrumentos de evaluación<sup>1</sup> que se usaron en la práctica docente.

### V.2.1. Por parte de los alumnos

La evaluación por parte de los alumnos sobre la enseñanza del profesor está considerada dentro de las evaluaciones más objetivas y confiables que se pueden obtener sobre el trabajo del profesor.

Los profesores no suelen tener vocación de actores, ni creen que el aula sea un escenario. Sin embargo, si actuamos para nuestros alumnos, el aula es el escenario ideal para sentirnos cómodos, los alumnos son el público para el cual decimos las cosas de manera natural, es decir, nos mostramos tal y como somos. Por eso es importante que los alumnos evalúen al profesor, ellos son los únicos que sabe nuestras fortalezas y debilidades, por lo que hay que tomar muy en serio las opiniones de los alumnos.

El instrumento que se usó es el siguiente:

---

<sup>1</sup> Algunas de las preguntas que se usan en los instrumentos de evaluación fueron diseñadas en el curso de Didáctica de la Disciplina II de la MADEMS.

**EVALUACION DE LOS ALUMNOS AL PROFESOR**

Este instrumento tiene como finalidad recabar información sobre el desempeño del profesor durante su práctica docente. Selecciona con veracidad para cada indicador marcando con una X el número que te parezca más adecuado.

Escala:

- 1. Nunca
- 2. Casi nunca
- 3. Regularmente
- 4. Casi siempre
- 5. Siempre

INDICADOR	1	2	3	4	5
1. El profesor dio a conocer los objetivos o propósitos a lograr de los contenidos de las diferentes clases impartidas					
2. El profesor llegó puntualmente a la clase					
3. El profesor expuso ejemplos claros de los temas que se vieron en clase					
4. El profesor ayudó al grupo a establecer conclusiones congruentes a los temas expuestos en la clase					
5. Consideras que el profesor organizó adecuadamente los contenidos temáticos expuestos en clase					
6. En las actividades el profesor facilitó la participación en clase					
7. Las explicaciones del profesor te ayudaron a mantenerte atento					
8. El profesor trató por igual a todos los alumnos sin descalificar a nadie					
9. El profesor se expresó claramente en las explicaciones					
10. Hizo la aclaración de dudas de forma amable					
11. Los experimentos planteados por el profesor te permitieron comprender mejor el tema					
12. Promovió el buen uso de los materiales y equipo de laboratorio					
13. Estableció criterios de evaluación desde el inicio del tema o unidad					
14. Realizó una evaluación diagnóstica (examen de conocimientos previos o ideas previas al tema) al principio del tema o unidad					
15. Utilizó diferentes instrumentos de evaluación (tareas, exámenes, reporte de actividades de laboratorio, trabajo en equipo etc.) para valorar tu aprendizaje					
16. El profesor se mostró abierto para considerar tus inconformidades sobre tu calificación					

Qué porcentaje de asistencia consideras que tuviste en el curso \_\_\_\_\_

Comentarios y observaciones

---



---



---



---



---

Gracias por tu colaboración. Servirá para que todos los profesores entiendan mejor lo que ustedes esperan de ellos.

## V.2.2. Del supervisor

Para que la evaluación de la enseñanza del profesor se lleve a cabo por un supervisor o un par, Nieto Gil (2001) asegura que: «*El colega debe ser, más que un compañero, un amigo: alguien que a la vez sea desapasionado y crítico, pero que pueda aportar la captación de otros detalles, de otras perspectivas, de otros juicios, de modo que matice, corrija y profundice el análisis realizado por el profesor con sus únicas fuerzas*»

Tomando en cuenta la referencia, la figura del supervisor en mi práctica docente corresponde a la de un profesor experto en el bachillerato, que imparte la materia de astronomía, por lo que tiene una amplia experiencia. Por lo que puede dar un punto de vista bastante objetivo sobre el trabajo docente del profesor. Además, llevamos años trabajando juntos en cursos de formación de profesores, por lo que considero que hay suficiente confianza para hacer un análisis crítico y reflexivo.

El instrumento que se usó es el siguiente:

### EVALUACIÓN DEL SUPERVISOR

Este instrumento tiene como finalidad recabar información sobre el desempeño del profesor durante su práctica docente. Selecciona para cada indicador marcando con una X el número que te parezca más adecuado.

Escala:

1. Nunca
2. Casi nunca
3. Regularmente
4. Casi siempre
5. Siempre

INDICADOR	1	2	3	4	5
1. Existe una articulación entre los tres momentos: apertura, desarrollo y cierre de los contenidos expuestos en clase					
2. Su planeación didáctica coincide con lo expuesto en clase					
3. Los objetivos planteados al inicio del tema fueron cubiertos al cierre del mismo					
4. Realiza actividades didácticas que toman en cuenta las ideas previas de los alumnos sobre los contenidos					
5. Desarrolla los contenidos temáticos de acuerdo al nivel cognitivo del alumno					
6. El entusiasmo que mostró el profesor en sus clases, se vio reflejado en la motivación de los alumnos					

7. Las estrategias didácticas empleadas despertaron el interés en los alumnos					
8. El profesor valoró adecuadamente las aportaciones de los alumnos para generar la motivación					
9. La claridad en la exposición de los temas mantuvieron la atención de los alumnos					
10. Propicia un ambiente para que los alumnos participen en clase					
11. Proporciona retroalimentación a los alumnos sobre el trabajo que realizan en clase					
12. El profesor respeta las ideas de los alumnos cuando no opinan igual que él					
13. Promovió en los alumnos la formulación de preguntas					
14. El profesor empleó los recursos didácticos de manera eficiente					
15. El profesor utilizó material didáctico adecuado a los contenidos					
16. Los recursos didácticos empleados fueron adecuados al nivel cognitivo de los estudiantes					
17. Diseñó material didáctico que contribuye a la construcción de conocimientos por parte del alumno					
18. El sistema de evaluación utilizado por el profesor estimuló al alumno a estudiar más sobre el tema					
19. La forma de evaluar del profesor evitó etiquetar a los alumnos					
20. EL profesor utilizó las formas de evaluación mencionadas en su planeación					
21. La evaluación es congruente con las estrategias de enseñanza y aprendizaje utilizadas en sus clases					
22. El lenguaje utilizado en los instrumentos de evaluación fue claro para el alumno					
23. Informó oportunamente a los alumnos sobre los resultados de las diversas actividades de evaluación realizadas en el desarrollo de los temas					
24. El profesor respetó los acuerdos planteados al inicio de las sesiones de clase para realizar la evaluación sumativa					
25. El profesor se mostró abierto con los alumnos para considerar inconformidades de la evaluación					

### V.2.3. Del par

Considerando la propuesta de Nieto Gil (2001), la evaluación de la enseñanza del profesor por parte del par en mi práctica docente corresponde a la de un colega que estudia la Maestría en Docencia, tiene experiencia como profesor del bachillerato y conoce la problemática de la enseñanza en este nivel. Por lo que su punto de vista debe de ser muy objetivo. Además, durante la Maestría hemos formado un equipo de trabajo, considero que hay suficiente confianza para hacer un análisis crítico y reflexivo.

El instrumento que se usó es el siguiente:

### EVALUACIÓN DEL PAR

Este instrumento tiene como finalidad recabar información sobre el desempeño del profesor durante su práctica docente. Selecciona para cada indicador marcando con una X el número que te parezca más adecuado.

Escala:

1. Nunca
2. Casi nunca
3. Regularmente
4. Casi siempre
5. Siempre

INDICADOR	1	2	3	4	5
1. Organiza los contenidos temáticos expuestos en clase					
2. Inicia y termina una explicación para aclarar alguna duda planteada por los alumnos					
3. Realiza actividades para que los alumnos enlacen los conocimientos ya poseídos con los nuevos que se pretenden enseñar					
4. Organiza el grupo para cubrir algunos contenidos mediante el trabajo colaborativo					
5. La realización de las prácticas o actividades experimentales se relacionan con los contenidos expuestos en clase					
6. Los objetivos planteados al inicio del tema corresponden a los contenidos expuestos					
7. El profesor contagió a los alumnos entusiasmo para trabajar					
8. Empleó estrategias de enseñanza y aprendizaje adecuadas al tema					
9. Logró el interés de los alumnos en las actividades didácticas planteadas en la clase					
10. Utilizó estrategias para que los alumnos participen en clase					
11. Utilizó las propuestas de los alumnos que surgieron en la clase					
12. Proporciona retroalimentación sobre el trabajo individual a través de comentarios o discusiones orales					
13. El profesor respeta las ideas de los alumnos cuando no opinan igual que él					
14. El profesor empleó los recursos didácticos de manera eficiente					
15. El profesor utilizó material didáctico adecuado a los contenidos					
16. Los recursos didácticos empleados fueron adecuados al nivel cognitivo de los estudiantes					
17. El recurso didáctico empleado favoreció el aprendizaje significativo					
18. El profesor al inicio de su tema aplicó una evaluación diagnóstica para realizar las adecuaciones necesarias a su planeación					
19. El profesor aplicó instrumentos de evaluación de manera sistemática que le permitiera identificar el aprendizaje de los alumnos					

20. Los mecanismos de evaluación fueron coherentes con los contenidos temáticos vistos en clase					
---	--	--	--	--	--

#### V.2.4. Autoevaluación del profesor

Por último, se considera la autoevaluación del profesor. Esta se considera como una evaluación no tan objetiva, porque por lo general, tendemos a sobre evaluarnos, siempre hacemos las cosas pensando que las hacemos bien. Pero lo que le puede dar objetividad, es que son cuatro instrumentos (alumnos, supervisor, par y autoevaluación) que se pueden contrastar.

Creo que la autoevaluación es necesaria siempre que el profesor este conciente que él aprende constantemente, día con día cuando esta frente a un grupo. Por lo que tiene que reflexiona y analiza su propio trabajo docente.

Otra evidencia del trabajo docente, es que todas las clases se grabaron con una cámara de video por lo que el profesor puede revisar las clases que imparte con toda tranquilidad desde la comodidad de su casa.

El instrumento que se usó es el mismo que el del par.

### V.3. Resultados de la enseñanza y el aprendizaje

En esta sección se muestran los resultados de la enseñanza y el aprendizaje usando el material que estamos proponiendo en este trabajo. La recogida de datos fue en la materia de Práctica Docente (PD I, PD II y PD III) durante el ciclo escolar: 2004-2005 y 2005-2006.

Coincido con Coll y Martín (2000), en que: «*Cuando evaluamos los aprendizajes que han realizado nuestros alumnos, estamos también evaluando, se quiera o no, la enseñanza que hemos llevado a cabo. La evaluación nunca lo es, en sentido estricto, de la enseñanza o del aprendizaje, sino más bien de los procesos de enseñanza y aprendizaje*».

Tenemos que ser sensibles y reconocer que evaluar sirve para tomar conciencia sobre el curso de los procesos y resultados educativos, con el objeto de valorarlos, es evidente que habrá que tratar no sólo con problemas de índole técnica (cómo obtener la información, con qué pruebas, etc.), sino también plantearnos opciones de tipo ético (qué se debe evaluar y por qué hacerlo, cómo conviene expresar los resultados de la evaluación, entre otros) (Gimeno, 2000).

A continuación se presentan los resultados, en primer lugar el aprendizaje de los alumnos y en segundo lugar, la enseñanza del profesor.

### V.3.1. Aprendizaje de los alumnos

- **Evaluación diagnóstica**

Como mencionamos anteriormente, lo que se quiere con esta evaluación es conocer lo que los alumnos saben sobre los contenidos. Los resultados muestran que los alumnos tienen un gran interés por saber más sobre astronomía; nunca han llevado anteriormente un curso de esta naturaleza, es cierto que han recibido un bombardeo de información a través de los medios de televisión y en revistas de divulgación de la ciencia sobre fenómenos que tienen que ver con el sistema solar, las estrellas y el origen del universo, etc., pero es la primera vez que de manera formal tienen un acercamiento directo con la astronomía.

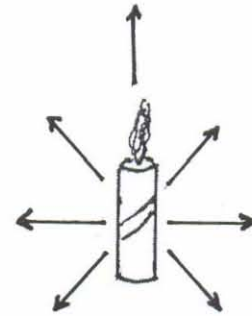
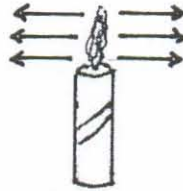
A continuación se presentan los resultados del examen diagnóstico, es decir, las ideas sobre los temas a tratar que se detectaron en los alumnos y que constituyen la estructura básica de la propuesta didáctica.

1. En general, el instrumento de observación astronómica que conocen los alumnos es el telescopio y un 24% considera los satélites.
2. Sin embargo, aunque todos conocen el telescopio ninguno sabe como funciona. El 88% de los alumnos dan argumentos del funcionamiento de la siguiente manera: tiene dos lentes y se utiliza para observar objetos a grandes distancias; es un tubo con lentes que amplifica el objeto en el cual podemos realizar observaciones distantes desde la Tierra; con él puedes ver mejor y tiene aumento para observar lo que a simple vista no puedes ver; sirve para ver objetos muy lejanos que el ojo



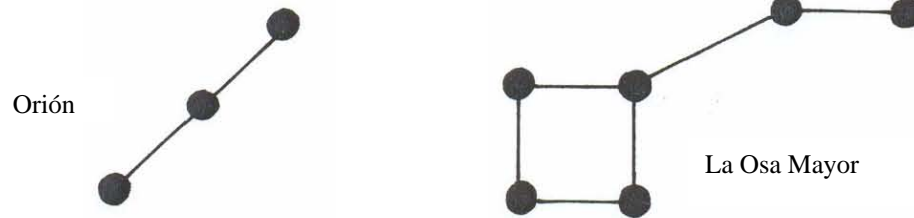
humano no distingue; amplifica imágenes por medio de vidrios y refracción de la luz.

3. En relación a la reflexión y refracción de la luz, sólo el 24% de los alumnos dan una explicación correcta. Consideran que en la refracción la luz atraviesa el objeto y en la reflexión la refleja.
4. Cuando se investiga la idea de cómo emite la luz una vela, el 76% de los alumnos da una respuesta correcta. Algunos alumnos opinan lo siguiente:



5. Cuando se pregunta a los alumnos cómo podrían dar la ubicación de un astro, sólo el 42% de los alumnos aporta una información interesante sobre la explicación de la ubicación: por la constelación en la que está situado o por la lejanía de alguna estrella como el Sol; basándose en los puntos cardinales; por latitud y longitud; usando el astrolabio.
6. Un 41% de los alumnos considera que se necesita de un instrumento astronómico para observar un planeta, los argumentos son los siguientes: se necesita saber su ubicación para poderlo apreciar, además lo más cercano que podemos ver con los ojos un planeta, es como si fuera una estrella; no están al alcance de nuestra vista por eso hay que valerse de algún instrumento; el ojo humano no puede ver más allá de la superficie terrestre; dependiendo de que tan lejos este el astro de nuestra ubicación; a simple vista es imposible diferenciar un planeta.
7. Cuando se investiga en qué región del cielo se mueven los planetas, resulta que nadie sabe donde buscarlos. Algunos opinan que la trayectoria del Sol respecto a la trayectoria de la Luna es perpendicular, en otras palabras, el Sol se mueve de oriente a poniente y la Luna de norte a sur.

8. Un 76% de los alumnos confunde la posición que ocupa la Luna respecto al Sol y la Tierra, para que se observe una fase de Luna llena.
9. Alrededor del 53% de los alumnos recuerdan haber visto la constelación de Orión y La Osa Mayor.



10. La mayoría de los alumnos recuerda algunas características sobre los planetas del sistema solar, por ejemplo, la ubicación respecto al Sol (Mercurio es el planeta más cercano al Sol, Venus ...); Júpiter el más grande del sistema solar; Marte el planeta rojo; Plutón el más frío y pequeño; Saturno el planeta que posee anillos; Venus es de los más cercanos a la Tierra.

Por otro lado, en la materia de Práctica Docente II, el propósito de la evaluación era para saber qué tanto recordaban del tema que se vio en la Práctica Docente I, y sólo una pregunta tenía que ver con el tema a tratar. Sobre el tema a tratar, se hizo una exploración de las ideas de los alumnos, a través de preguntas (Por ejemplo: ¿qué parte del cielo hay que observar para localizar los planetas?, ¿qué astros recorren la eclíptica?, ¿por qué si salimos a observar en la noche, no vemos por lo menos cinco planetas?, etc.) junto con una lluvia de ideas grupal.

Los resultados encontrados en esta exploración son sorprendentes, aproximadamente el 70 % de los alumnos resulta que mejoró o conservó su calificación y sólo el 30 % disminuyó. Lo notable es que esta evaluación diagnóstica se aplicó a 5 meses de la enseñanza del tema, motivo por el cual, yo esperaba que los resultados fueran negativos, que no recordaran casi nada. Lo que significa, que para los alumnos el aprendizaje sí fue significativo.

Con la evaluación diagnóstica y la exploración de las ideas de los alumnos, me di cuenta que tenía que hacer cambios al plan de clases que inicialmente se había programado. En general, lo que se hizo fue incorporar más estrategias para mejorar el aprendizaje de los alumnos:

1. Para describir la región de la eclíptica, se usaron unos aros para bordar, con ellos se mostró la inclinación de las órbitas de los planetas respecto a la órbita de la Tierra.
2. Para comprender por qué los planetas se mueven en la región de la eclíptica, se uso un lapicero con flejes de papel, que haciéndolo girar como si fuera un rehilete, se puede explicar que la materia se aplana cuando está girando.
3. Para ilustrar que hay constelaciones que se mueven en la región de la eclíptica, se uso en el prototipo de sistema solar, tarjetas con las estrellas que forman las constelaciones del zodiaco, como si fuera una maqueta.
4. En las actividades fenomenológicas relacionadas con la mancha de Júpiter y los anillos de Saturno se incluyó un video para analizar cada uno de los planetas, con una duración de 15 minutos aproximadamente.

Con estas estrategias, se logró darle continuidad al curso, manteniendo la atención y participación activa del grupo.

- **Evaluación formativa**

En este caso, el propósito era conocer lo que estaba sucediendo con el aprendizaje de los alumnos: dificultades para comprender el tema, preguntas planteadas, dudas e inquietudes, actitudes y valores, y también considerar la discusión grupal y por equipo.

Para conocer lo que está sucediendo con el aprendizaje de los alumnos, se les pregunta, a partir de sus tareas y actividades experimentales (discusión grupal), su opinión acerca de lo que allí está ocurriendo. En otras palabras, revisan y aclaran todas sus dudas e inquietudes (retroalimentación) que tengan sobre el tema que se está viendo. Este método, permite que todos los alumnos logren aprender de sus compañeros, y por otro lado, concluyan de manera favorable sus trabajos. Después de esto, se les pide que

nuevamente hagan sus tareas y trabajos (una versión corregida y aumentada); para que los entreguen y finalmente puedan ser calificados (evaluación sumativa).

Para llevar a cabo esta evaluación, se apoyó en el “diario del profesor”, donde queda el testimonio que el grupo siempre tuvo la motivación y buena disposición para involucrarse en todas las actividades que se plantearon. Superaron mis expectativas, claramente se ve que el que más sabe, aprende más, pero los que saben menos se sienten cómodos para que sus compañeros los ayuden. La evaluación muestra que aprendieron a ser tolerantes, a usar las manos, a pensar y por si fuera poco, disfrutaron el estar en clases.

En este mismo rubro, se aplicó una autoevaluación a los alumnos, donde se puede ver que: se consideran un buen grupo, participaron activamente en las clases, trataron con respeto a sus compañeros, cumplieron con las tareas, trabajaron en equipo, compartieron ideas con sus compañeros; y en general consideran que si aprendieron, etc.

#### Resultados de la autoevaluación de los alumnos

	Sí	No sé	No
1. Cumplí con las tareas acordadas en el grupo	31	4	3
2. Participé activamente en las discusiones en la clase	24	5	9
3. Traté con respeto a mis compañeros	35	3	0
4. Formulé preguntas pertinentes relacionadas con el tema	18	10	10
5. Desarrollé actividades para comprender el tema	33	3	2
6. Los integrantes del equipo trabajamos por igual durante las actividades experimentales	33	2	3
7. Escuché con atención a mis compañeros y al profesor en la clase	37	0	1
8. Traté con cuidado el material y equipo en las actividades experimentales	37	1	0
9. Cumplí con los trabajos que se realizaron en equipo	35	1	2
10. Asistí siempre a clases	14	9	15
11. Compartí ideas con mis compañeros que les ayudaron a comprender el tema	19	12	7
12. Adquirí nuevos conocimientos que me parecen interesantes	38	0	0
13. Realice actividades que atraen mi interés	38	0	0
14. Creo que he aprendido con este profesor	37	1	0

La estadística es sobre 38 alumnos que formaron parte de dos grupos.

Respecto al *indicador 4*, se puede apreciar que muchas veces los alumnos creen que la pregunta que plantearon no tiene importancia para el resto de sus compañeros y que es una duda que sólo la tiene el que plantea la pregunta. Con el *indicador 10*, llama la atención sus respuestas, significa que el 24 % de los alumnos tienen la duda de haber faltado por lo menos una vez a clases. Comparando con mi control de asistencias considero que fue excelente el interés que mostraron por asistir a clases. Por último, el *indicador 11* muestra que hay alumnos que comparten sus ideas con sus compañeros, para ayudarles a entender el tema, sin embargo, no saben si esta explicación realmente les ayudó a sus compañeros a comprender mejor lo visto en clase.

- **Evaluación sumativa**

En este caso, el propósito era dar una calificación (un valor numérico) que a su vez refleje de alguna manera el aprendizaje de los alumnos, para ello se considero: asistencia a clases (sólo para darle una continuidad al proceso de la enseñanza y el aprendizaje), participación en clases, actividades experimentales (trabajo en equipo) y una evaluación parcial. Toda la evaluación se lleva a cabo a lo largo de la enseñanza.

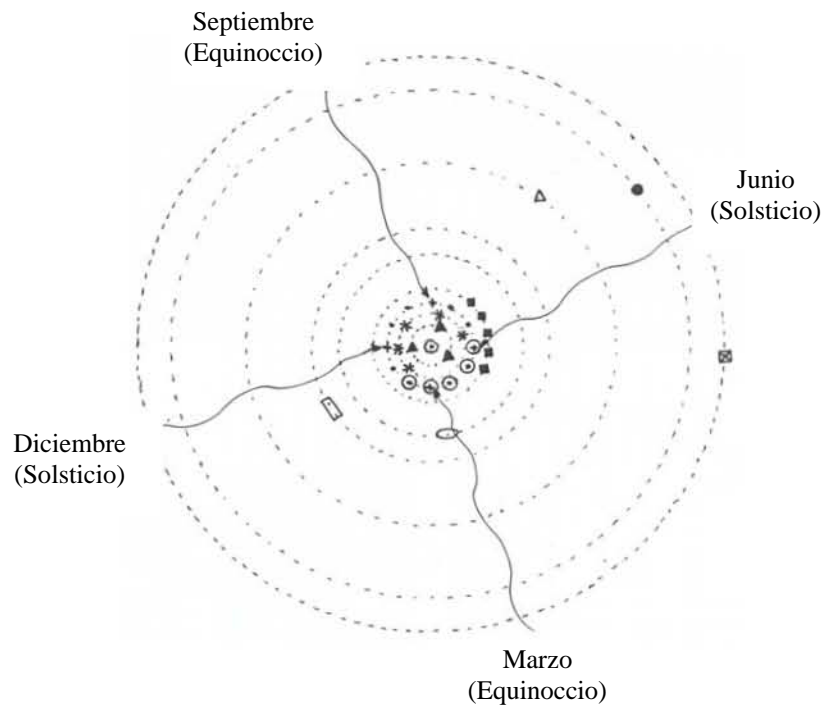
En la propuesta, que en la evaluación sumativa todas las actividades tienen el mismo peso, es decir, son igual de importantes. Sin embargo, las que reflejan el aprendizaje de los alumno son: obtención de imágenes con una lente convergente y un espejo cóncavo; las predicciones de las ubicaciones de los planetas en el prototipo de sistema solar; la construcción de un astrolabio; registro de la ubicación de los astros que se mueven en la región de la eclíptica; la imagen de un planeta cuando se mueve entre el Sol y la Tierra, y cuando se mueve más allá de la órbita de la Tierra; actividades fenomenológicas sobre: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno; la observación con telescopio de la Luna, los planetas y el Sol, y la evaluación parcial. Además la participación en clase, que como ya lo hemos mencionado es para estimular al alumno. En general, en estas actividades me parece correcto que los alumnos intercambien ideas entre ellos, esto tiene que ver con una experiencia que recuerdo de mi vida como estudiante, en ocasiones algún compañero decía: “explicas mejor que el maestro”, “a ti, si te entiendo”, “el maestro se hace bolas al explicar”, “le preguntas algo, y repite lo

mismo”, etc. Creo que se debe fomentar la ayuda cooperativa entre iguales, porque es crear clases en las que los alumnos expresen sus creencias y opiniones a sus compañeros, las defiendan cuando se cuestionen y discutan las de los demás (Nuthall, 2000).

Los resultados de la evaluación del aprendizaje son sorprendentes, porque los alumnos:

- Establecieron que entre más alejado esté un objeto luminoso de la lente, los rayos de luz que inciden en esta última llegan paralelos y se refractan pasando por su punto focal. Sucede lo mismo con el espejo cóncavo a diferencia de que este refleja la luz en el punto focal.
- Desarrollaron sus habilidades psicomotrices al construir el astrolabio a tal grado que su instrumento superaba en creatividad al prototipo desarrollado por el maestro. Además, tiene una precisión increíble para poder determinar la ubicación de cualquier astro. Con este instrumento lograron determinar la región de la eclíptica simplemente rastreando a la Luna.
- Son capaces de hacer predicciones sobre las ubicaciones que tendrán los planetas en los próximos meses, por ejemplo: se dieron cuenta que en el mes de agosto, la Tierra tendrá un acercamiento con Marte.
- Analizaron que si observamos a Mercurio cada mes, éste sólo ocupa tres posiciones diferentes sobre su órbita, dado que el tiempo que tarda en dar una vuelta al Sol es de 88 días, etc.

El siguiente esquema muestra el trabajo que hicieron los alumnos durante el mes de marzo (ciclo escolar 2004-2005), para predecir la ubicación de los planetas, en los meses que corresponden a febrero, abril, mayo y junio.



- |  |          |  |         |
|--|----------|--|---------|
|  | Sol      |  | Júpiter |
|  | Mercurio |  | Saturno |
|  | Venus    |  | Urano   |
|  | Tierra   |  | Neptuno |
|  | Marte    |  | Plutón  |

Los alumnos alcanzaron una etapa de aprendizaje, no sólo de memorización, sino de análisis y síntesis, es decir, lograron llegar a la metacognición, ¡genial!

La sorpresa de los resultados tienen que ver con lo que dice Coll (1990), sobre que «*el alcance y la profundidad de los aprendizajes realizados no se manifiestan en ocasiones hasta después de un cierto tiempo*». En otras palabras, la construcción de significados no es una cuestión de todo o nada, sino más bien de grado; en consecuencia, en vez de proponernos que los alumnos realicen aprendizajes significativos, quizás sería más adecuado intentar que los aprendizajes que llevan a cabo sean, en cada momento de la

escolaridad, lo más significativos posibles, es decir, que tengan sentido. Los resultados fueron inmediatos, pero además, como ya se mencionaba, la evaluación parcial se aplicó nuevamente a los mismos alumnos a 5 meses de la enseñanza; lo que se encontró es que el 70 % de los alumnos resulta que mejoró o conservó su calificación y sólo el 30 % disminuyó su calificación. Lo que significa, que para los alumnos el aprendizaje si fue significativo.

Para la perspectiva constructivista aprendemos cuando somos capaces de elaborar una representación personal sobre un objeto de la realidad o contenido que pretendemos aprender. Esa elaboración implica aproximarse a dicho objeto o contenido con la finalidad de aprehenderlo; no se trata de una aproximación vacía, desde la nada, sino desde las experiencias, intereses y conocimientos previos que presumiblemente pueden dar cuenta de la novedad. Cuando se da este proceso, decimos que estamos aprendiendo significativamente, construyendo un significado propio y personal para un objeto de conocimiento que objetivamente existe. En otras palabras, queda claro que no es un proceso que conduzca a la acumulación de nuevos conocimientos, sino a la integración, modificación, establecimiento de relaciones y coordinación entre esquemas de conocimiento que ya poseíamos, dotados de una cierta estructura y organización que varía, en nudos y en relaciones, a cada aprendizaje que realizamos (Coll y Solé, 2000).

La práctica docente debe estar basada en el concepto de enseñanza crítica y reflexiva, es decir, como una forma de enseñanza que es capaz de tomar en cuenta los contextos sociales y políticos en los cuales la educación ocurre, así como sus aspectos técnicos y prácticos; la enseñanza que valora las prácticas de aula en base de su capacidad de contribuir al desarrollo de mayor igualdad y justicia social. En la perspectiva constructivista, la finalidad es contribuir a que el alumno desarrolle la capacidad de realizar aprendizajes significativos por sí mismo en una amplia gama de situaciones y circunstancias, que el alumno “aprenda a aprender” (Coll, 1990).



### V.3.2. Enseñanza del profesor

- Por parte de los alumnos

El propósito en esta evaluación es conocer la opinión de los alumnos sobre el desempeño del profesor en el aula durante sus clases. Los resultados de la evaluación, indican que en general, consideran mi trabajo de calidad, con una exposición clara de los temas y que se promueve la participación de los alumnos.

#### Resultados de la evaluación de los alumnos al profesor

Escala: 1. Nunca; 2. Casi nunca; 3. Regularmente; 4. Casi siempre; 5. Siempre

<b>INDICADOR</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1. El profesor dio a conocer los objetivos o propósitos a lograr de los contenidos de las diferentes clases impartidas	0	0	2	8	28
2. El profesor llegó puntualmente a la clase	0	0	2	10	26
3. El profesor expuso ejemplos claros de los temas que se vieron en clase	0	0	0	10	28
4. El profesor ayudó al grupo a establecer conclusiones congruentes a los temas expuestos en la clase	0	0	4	8	26
5. Consideras que el profesor organizó adecuadamente los contenidos temáticos expuestos en clase	0	0	4	12	22
6. En las actividades el profesor facilitó la participación en clase	0	0	1	8	29
7. Las explicaciones del profesor te ayudaron a mantenerte atento	0	0	3	4	31
8. El profesor trató por igual a todos los alumnos sin descalificar a nadie	0	0	0	2	36
9. El profesor se expresó claramente en las explicaciones	0	0	3	4	31
10. Hizo la aclaración de dudas de forma amable	0	0	0	4	34
11. Los experimentos planteados por el profesor te permitieron comprender mejor el tema	0	0	0	6	32
12. Promovió el buen uso de los materiales y equipo de laboratorio	0	0	0	4	34
13. Estableció criterios de evaluación desde el inicio del tema o unidad	0	0	0	6	32
14. Realizó una evaluación diagnóstica (examen de conocimientos previos o ideas previas al tema) al principio del tema o unidad	0	0	1	0	37
15. Utilizó diferentes instrumentos de evaluación (tareas, exámenes, reporte de actividades de laboratorio, trabajo en equipo etc.) para valorar tu aprendizaje	0	0	0	8	30
16. El profesor se mostró abierto para considerar tus inconformidades sobre tu calificación	0	0	0	14	24

*Opinión de los alumnos:*

1. El curso ha sido agradable e interesante.
2. Me pareció una buena exposición del tema, ya que utilizó mucho material que nos ayudo a entender mejor el tema.
3. Yo hubiera preferido más prácticas con los telescopios, pero lamentablemente el clima no ayudo mucho.
4. Me agradó mucho y si aprendí en esta clase.
5. Debería dar clases en la prepa 5 más seguido.
6. Creo que al profesor, le encanta su trabajo, pues nunca deja de sonreír y es una buena persona que enseña de lujo.
7. El profesor es una persona preparada y hace que los temas sean muy fáciles de entender y ojalá todos los profesores o al menos la mayoría sean como él.
8. Las clases fueron interesantes, en especial la de las constelaciones y en la que vimos el video de Saturno, incluso hasta me hizo reflexionar y considerar si estudiar astronomía.
9. La clase me pareció muy interesante y práctica, además de que si aprendí cosas nuevas.
10. Las exposiciones fueron claras, los experimentos los entendimos gracias a su explicación.
11. La forma en que los temas se expusieron fueron lo más detallado posible.
12. Me gustó el uso de diapositivas y acetatos para ilustrar mejor la clase.
13. En realidad sus exposiciones fueron muy entretenidas, didácticas, pero sobre todo cuando se tenía alguna duda, se esforzaba por que el tema quedara totalmente claro.
14. Lo que me gustó más fue que vimos la Luna y eso me impresionó mucho.
15. En la forma en que el profesor explicaba fue ordenada con paciencia y alegría, hizo que la clase fuera participativa, no aburrida.
16. La verdad si me gustó la forma en que nos habló y nos trató, usted convivió con nosotros, platicó, dijo algunos chistes.
17. Siempre se entiende el tema y no se nos olvida lo que aprendimos en sus clases.

- Del supervisor

En este caso, el propósito es conocer las debilidades o deficiencias sobre el desempeño docente, visto con el ojo de un profesor experto que conoce la asignatura y que además, tiene la experiencia como docente. Por la confianza que existe con mi supervisor, él me hizo comentarios que me ayudaron a fortalecer mi práctica docente.

### Resultados de la evaluación del Supervisor

Escala: 1. Nunca; 2. Casi nunca; 3. Regularmente; 4. Casi siempre; 5. Siempre

<b>INDICADOR</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1. Existe una articulación entre los tres momentos de apertura, desarrollo y cierre de los contenidos expuestos en clase					X
2. Su planeación didáctica coincide con lo expuesto en clase					X
3. Los objetivos planteados al inicio del tema fueron cubiertos al cierre del mismo					X
4. Realiza actividades didácticas que toman en cuenta la ideas previas de los alumnos sobre los contenidos					X
5. Desarrolla los contenidos temáticos de acuerdo al nivel cognitivo del alumno					X
6. El entusiasmo que mostró el profesor en sus clases, se vio reflejado en la motivación de los alumnos					X
7. Las estrategias didácticas empleadas despertaron el interés en los alumnos					X
8. El profesor valoró adecuadamente las aportaciones de los alumnos para generar la motivación					X
9. La claridad en la exposición de los temas mantuvieron la atención de los alumnos					X
10. Propicia un ambiente para que los alumnos participen en clase					X
11. Proporciona retroalimentación a los alumnos sobre el trabajo que realizan en clase					X
12. El profesor respeta las ideas de los alumnos cuando no opinas igual que él					X
13. Promovió en los alumnos la formulación de preguntas					X
14. El profesor empleó los recursos didácticos de manera eficiente					X
15. El profesor utilizó material didáctico adecuado a los contenidos					X
16. Los recursos didácticos empleados fueron adecuados al nivel cognitivo de los estudiantes					X
17. Diseñó material didáctico que contribuye a la construcción de conocimientos por parte del alumno					X
18. El sistema de evaluación utilizado por el profesor estimuló al alumno a estudiar más sobre el tema					X
19. La forma de evaluar del profesor evitó etiquetar a los alumnos					X
20. EL profesor utilizó las formas de evaluación mencionadas en su planeación					X
21. La evaluación es congruente con las estrategias de enseñanza y aprendizaje utilizadas en sus clases					X
22. El lenguaje utilizado en los instrumentos de evaluación fue claro para el alumno					X
23. Informó oportunamente a los alumnos sobre los resultados de las diversas actividades de evaluación realizadas en el desarrollo de los					X

temas					
24. El profesor respetó los acuerdos planteados al inicio de las sesiones de clase para realizar la evaluación sumativa					X
25. El profesor se mostró abierto con los alumnos para considerar inconformidades de la evaluación					X

*Opinión del supervisor:*

1. Impulsó la construcción, por parte de los alumnos, de telescopios.
2. Utilizando telescopios, contruidos por él, entusiasmó a los alumnos a hacer observaciones astronómicas.
3. Apoyado en las diferentes actividades que planeó, logró que los alumnos se comprometieran con su aprendizaje.
4. Planeó su práctica docente apoyándose en materiales didácticos que él mismo ideó y construyó.
5. Con su experiencia y creatividad logró involucrar a los alumnos en distintos aspectos del conocimiento que estaban construyendo.
6. Su plan de clases propició que los alumnos avanzaran en su independencia intelectual.
7. Promovió la puntualidad en sus alumnos.
8. Integró los aprendizajes teóricos con los experimentales y vinculo la temática con la vida.
9. Promovió la construcción de un astrolabio
10. Utilizó equipo de óptica para que los alumnos entendieran los fundamentos del funcionamiento de los telescopios.
11. Propició un ambiente de trabajo en el grupo.
12. Promovió el cuidado y buen uso de materiales y equipo de laboratorio.
13. El tiempo empleado fue suficiente para alcanzar los objetivos.
14. Aclaró todas las dudas planteadas.

- Del par

En este caso, el propósito es conocer las debilidades o deficiencias sobre el desempeño docente, visto con el ojo de un colega, compañero de la Maestría que conoce perfectamente bien, mi evolución como estudiante de la MADEMS, y que además, tiene experiencia como docente. Sus comentarios fueron muy alentadores, reconoce que he mejorado, que mis clases han dejado de ser expositivas, que las actividades que se plantearon lograron motivar a los alumnos y se cultivo la participación activa por parte de ellos.

### Resultados de la evaluación del Par

Escala: 1. Nunca; 2. Casi nunca; 3. Regularmente; 4. Casi siempre, 5. Siempre

INDICADOR	1	2	3	4	5
1. Organiza los contenidos temáticos expuestos en clase					X
2. Inicia y termina una explicación para aclarar alguna duda planteada por los alumnos					X
3. Realiza actividades para que los alumnos enlacen los conocimientos ya poseídos con los nuevos que se pretenden enseñar					X
4. Organiza el grupo para cubrir algunos contenidos mediante el trabajo colaborativo					X
5. La realización de las prácticas o actividades experimentales se relacionan con los contenidos expuestos en clase					X
6. Los objetivos planteados al inicio del tema corresponden a los contenidos expuestos					X
7. El profesor contagió a los alumnos entusiasmo para trabajar					X
8. Empleo estrategias de enseñanza y aprendizaje adecuadas al tema					X
9. Logró el interés de los alumnos en las actividades didácticas planteadas en la clase				X	
10. Utilizó estrategias para que los alumnos participen en clase					
11. Utilizó las propuestas de los alumnos que surgieron en la clase					X
12. Proporciona retroalimentación sobre el trabajo individual a través de comentarios o discusiones orales					X
13. El profesor respeta las ideas de los alumnos cuando no opinan igual que él					X
14. El profesor empleó los recursos didácticos de manera eficiente					X
15. El profesor utilizó material didáctico adecuado a los contenidos					X
16. Los recursos didácticos empleados fueron adecuados al nivel cognitivo de los estudiantes					X
17. El recurso didáctico empleado favoreció el aprendizaje significativo					X
18. El profesor al inicio de su tema aplicó una evaluación diagnóstica para realizar las adecuaciones necesarias a su planeación					X
19. El profesor aplicó instrumentos de evaluación de					X

manera sistemática que le permitiera identificar el aprendizaje de los alumnos					
20. Los mecanismos de evaluación fueron coherentes con los contenidos temáticos vistos en clase					X

- Del propio profesor (autoevaluación)

El propósito en esta evaluación es conocer las debilidades y fortalezas en la práctica docente. Sin embargo, reconozco que esta es la parte más complicada en la evaluación, porque siempre hacemos las cosas pensando que las hacemos bien. Apoyado en los resultados por parte de los alumnos, el supervisor y el par, creo que los resultados de mi autoevaluación, aparecen en el siguiente cuadro de debilidades y fortalezas.

<b>Debilidades</b>	<b>Fortalezas</b>
1. Estimular a los alumnos a participar más en clase 2. Organizar adecuadamente los contenidos 3. Realizar actividades didácticas enfocadas hacia la motivación de los alumnos 4. Promover la búsqueda de acuerdos en el grupo	1. Incorporar una gran variedad de materiales didácticos 2. Realizar experimentos y observaciones astronómicas 3. Plantear una enseñanza-aprendizaje de transformación 4. Explorar las ideas previas 5. Buen manejo de grupo

Mi reflexión va en el sentido de que la autoevaluación puede ser sesgada por el profesor (esto es algo que sucede con cualquier persona, no sólo para los profesores), y lo señalo en dos puntos:

1. Si los profesores no están concientes de sus deficiencias y debilidades, difícilmente obtendrán una autoevaluación confiable de su práctica docente. Por ejemplo, el profesor puede decir que su clase es excelente, si los alumnos no aprenden es por que no son inteligentes.
2. El hecho de contestar determinados cuestionarios como propone Nieto Gil para autoevaluarse, puede ser que el profesor ya este predeterminado a contestar de alguna manera que le favorezca la evaluación, y nuevamente la autoevaluación no le dejara nada positivo. Por ejemplo, el profesor se dice ser constructivista por el simple hecho de mandar a los alumnos a investigar un tema, por darles tiempo para

que discutan en equipo. Sin embargo, su clase no tienen nada que ver el constructivismo.

Si me preguntan cuál es mi papel como profesor, Román y Díez (1999) lo define de este modo: «*El modelo de profesor es el del profesor reflexivo, capaz de reflexionar sobre sus modos de hacer en el aula para facilitar el aprendizaje de sus alumnos*». La definición pone énfasis en la necesidad de que el alumno se convierta en protagonista de su propio proceso. Con lo que se lograría formar ciudadanos útiles a la sociedad, con valores y conciencia social. Considero que soy un profesor que ya ha recorrido el camino del conocimiento en mi disciplina y por eso tengo como tarea principal mostrar este camino y hacerlo más llano al alumno fomentando en él la capacidad de análisis crítico hacia el conocimiento.

## Conclusiones

Como se mencionó en la Fundamentación teórica, el propósito de esta propuesta didáctica es mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía a nivel bachillerato, mediante una guía didáctica de construcción y uso de un telescopio newtoniano. En ésta, los profesores encontrarán el qué, cómo enseñar y evaluar el aprendizaje logrado por sus alumnos, además de cómo evaluar su propia enseñanza.

Como se mencionó en el prologo, la propuesta didáctica presentada se estructuró en cuatro partes: la primera corresponde al capítulo I, que justifica la propuesta didáctica, en la segunda parte los capítulos II y III, que muestran el camino al profesor de qué enseñar, en la tercera parte, que comprende el capítulo IV, orienta al profesor cómo enseñar y por último el capítulo V, nos muestra qué y cómo evaluar el proceso de la enseñanza y el aprendizaje.

La tesis tiene una enorme ventaja, toda la propuesta didáctica fue probada con alumnos de la ENP en el curso de Astronomía durante los ciclos escolares 2004-2005 y 2005-2006. A partir de estas pruebas se hicieron los cambios y ajustes necesarios, para asegurar que el material didáctico es valioso para que los profesores en activo (y futuros profesores) lo lleven a cabo en su práctica docente. Encontrarán una guía sobre qué, cuándo y cómo observar con el telescopio de formato pequeño.

Consideramos que el capítulo III es una parte innovadora de esta tesis porque se presenta un manual de construcción de un telescopio newtoniano, con todos sus detalles “finos” para lograr tal misión. El material propuesto en este capítulo, puede ser un pretexto para que los profesores lleven a cabo un *proyecto o taller* para la construcción de telescopios en sus planteles. El taller se puede llevar de manera independiente pero simultáneamente a la clase de astronomía, es decir, en un horario diferente al de la asignatura. Basta con trabajar una vez a la semana durante 4 horas aproximadamente a lo largo del ciclo escolar, y con este tiempo se garantiza que los alumnos terminarán su telescopio, de manera paralela a la asignatura. Según mi experiencia, he podido observar que cuando los alumnos cuentan con



un taller para la construcción de telescopios en su plantel, se motivan, son más participativos en clase e incluso demuestran su interés tanto por la astronomía como por otras ciencias.

Creemos que el capítulo IV muestra estrategias didácticas con el fin de que los profesores vean una guía o camino para enseñar a sus alumnos a hacer observaciones astronómicas con el telescopio newtoniano. Se plantea darle contexto y significado a lo que se quiere enseñar, por eso la secuencia didáctica está estructurada para empezar con un bosquejo histórico, después se plantea el funcionamiento y construcción, y por último la aplicación o uso del instrumento. Con este planteamiento, se promueve el aprendizaje significativo en los alumnos, como lo muestran los resultados presentados en el capítulo V.

Lo que quiero resaltar de este capítulo es: *el prototipo de sistema solar*, es un material didáctico con un potencial enorme que cada profesor con su creatividad e ingenio aprovechará al máximo. Con este prototipo, el profesor sabrá qué astros brillan en la noche y como consecuencia podrá programar a lo largo del curso las observaciones con el telescopio; y *el prototipo de eclíptica*, es un material didáctico que permite la visualización de cada una de las órbitas de los planetas, con lo que se aclara la inclinación que tienen respecto a la órbita de la Tierra.

Las actividades experimentales y los materiales didácticos que se muestran son originales, queremos darles a los profesores algo nuevo y diferente, pero además, que sea factible usarlo en su trabajo docente. Los materiales que presentamos, se consiguen fácilmente y son de bajo costo, por lo que no hay problema para construir cada uno de los prototipos e incluso el material para la construcción del telescopio. Los alumnos desarrollan sus habilidades psicomotrices y su creatividad al construirlos, lo sorprendente es que superan en calidad a los prototipos que yo mismo elaboré.

Vemos en el capítulo V, una diversidad en la evaluación de la enseñanza y el aprendizaje con el propósito de que el profesor analice y reflexione sobre su práctica docente: sobre cómo se aprende y cómo se enseña. Los instrumentos de evaluación que presentamos no

están terminados y nunca lo estarán, se pueden mejorar, agregar preguntas o cambiar por otras. Cada profesor los puede ajustar de acuerdo a los objetivos de su programa, a sus tiempos establecidos, al nivel de sus alumnos, a los contenidos, etc. En otras palabras, cada profesor, desde su experiencia particular, le atribuirá un sentido y un significado, y podrá entonces, en ese grado concreto, hacerlo significativo y funcional en su desempeño profesional. La información que entregan los instrumentos de evaluación debe incidir en una mejor enseñanza del profesor para que los alumnos logren un aprendizaje significativo y útil para seguir aprendiendo, es decir, que aprenda a aprender.

Es importante señalar, que para lograr que los profesores en activo se apropien de esta guía didáctica es necesario un “curso de actualización para la enseñanza de la astronomía”, donde ellos logren realmente un manejo adecuado del telescopio newtoniano. Un curso donde la práctica docente sea compartida, con intercambio de experiencias y estrategias didácticas; con una reflexión, discusión y colaboración entre los profesores. Hay que recordar, que en general los profesores que impartimos la materia de Astronomía carecemos de una preparación específica para desarrollar nuestra práctica docente, ya que la mayoría de los profesores no conocemos esta disciplina a profundidad por falta de una especialización en el área, por lo que es necesario que esta tesis sea ampliamente difundida, con el ánimo de que les resulte interesante y valioso en el desarrollo de su práctica profesional.

Por supuesto, que no se pretende con este trabajo darle solución total a la compleja problemática de la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en la ENP, pero puede ser el comienzo de un trabajo que puede dar muchos frutos. Pensamos que el profesor de bachillerato encontrará en esta propuesta didáctica una herramienta más, para elevar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje.

# Referencias

## Bibliográficas

- Abetti, G. (1983). *Historia de la astronomía*. México: Fondo de Cultura Económica, Breviarios.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1997). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Blumenfel, P., et al. (2000). “La enseñanza para la comprensión”. En B. Biddle, T. Good, y I. Goodson. *La enseñanza y los profesores II: La enseñanza y sus contextos*. Barcelona: Paidós.
- Burillier, H. y Lehénaff, Ch. (2002). *Hands-on Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Burnhan, R., et al. (1998). *Observar el cielo II*. Barcelona: Editorial Planeta.
- CAB (2001). “Perfil deseable del profesor de bachillerato”. En *Lineamientos generales para un sistema de formación de profesores*.
- Caballer, J. y Oñorbe, A. (1997). “Resolución de problemas y actividades de laboratorio”. En L. del Carmen (coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: ICE/HOROSORI.
- Coll, C. (1988). *Psicología y currículum*. Barcelona: Laia.
- Coll, C. (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. Barcelona: Paidós.
- Coll, C. (1997). “Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica”. En M. Rodrigo y J. Arnay (comps.). *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós.
- Coll, C. y Martín, E. (2000). “La evaluación del aprendizaje en el currículum escolar: una perspectiva constructivista”. En C. Coll, et al. *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Editorial Graó.
- Coll, C. y Solé, I. (2000). “Los profesores y la concepción constructivista”. En C. Coll, et al. *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Editorial Graó.
- De la Herrán, J. (1993). *Construya su telescopio*. Madrid: Editorial Equipo Sirius.

- De la Herrán, J. (2002). *Mosaico astronómico*. México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 187).
- Díaz Barriga, F. y Hernández, G. (2001). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México: Mc Graw Hill.
- Driver, R., Scout, P. y Asoko, H. (1991) "Teaching for Conceptual Change: A Review of Strategies". En R. Duit et al. *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. ICPE Publications Book.
- Estévez, E. (2004). *Enseñar a aprender*. México: Paidós.
- Fierro, J. y Herrera, M.A. (1997). *La familia del Sol*. México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 62).
- Fierro, J. (1991). *Cómo acercarse a la astronomía*. México: Ed. Limusa.
- Figuroa, I. (2002). *Las estrellas en el cielo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Figuroa, I. (2003). "Astrolabio direccional". En A. Allier (coord.). *Manual de experimentos de astronomía*. México: ENP.
- Galilei, G. y Kepler, J. (1988). *El mensaje y el mensajero sideral*. México: Alianza Editorial.
- Gimeno Sacristán, J. (2000). "La evaluación en la enseñanza" Cap. X. En G. Sacristán, y A. Pérez. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- González, A. (1990). "El aficionado y su telescopio". *Revista El Universo de la Sociedad Astronómica de México*, Núm. 2, 34-37, abril-junio.
- González, A. (1990). "El aficionado y su telescopio". *Revista El Universo de la Sociedad Astronómica de México*, Núm. 3, 34-39, julio-septiembre.
- González, A. (1991). "El aficionado y su telescopio". *Revista El Universo de la Sociedad Astronómica de México*, Núm. 6, 38-40, octubre-diciembre.
- González, A. (1995). "El aficionado y su telescopio". *Revista El Universo de la Sociedad Astronómica de México*, Núm. 10, 28-31, abril-junio.
- González, A. (1995). "El aficionado y su telescopio". *Revista El Universo de la Sociedad Astronómica de México*, Núm. 11, 30-33, octubre-diciembre.
- Hecht, E. y Zajac, A. (1986). *Óptica*. USA: Adisson-Wesley Iberoamericana.

- Hewson, P., Beeth, M. y Thorley, R. (1998). "Teaching for Conceptual Change". En B. Fraser y K. Tobin. *International Handbook of Science Education*. Londres: Kluwer Academia Publishers.
- Hobden, P. (1998). "The role of routine problem tasks in science teaching". En B. Fraser y K. Tobin. *International Handbook of Science Education*. Londres: Kluwer Academia Publishers.
- Jeans, J. (1953). *Historia de la Física*. México: Fondo de Cultura Económica, Breviarios.
- Levy, D. (1995). *Observar el cielo*. Barcelona: Editorial Planeta.
- Litwin, E. (2001). "La evaluación: campo de controversias y paradojas o un nuevo lugar para la buena enseñanza". En A. de Camilloni, et al. *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Paidós.
- Malacara, D. y Malacara, J. (1988). *Telescopios y estrellas*. México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 57).
- Moreno, M. A. (2000). *Historia de la Astronomía en México*. México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 4).
- Morrison, D., Wolf, S. y Franknoi, A. (1995). *Abell's Exploration of the Universe*. Orlando FL: Saunders College Publishing.
- Newton, I. (1977). *Optica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de Luz*. Madrid: Ediciones Alfaguara.
- Nieto Gil, J. M. (2001). *La autoevaluación del profesor*. Barcelona: CISSPRAXIS.
- North, J. (2001). *Historia fontana de la astronomía y la cosmología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Nuthall, G. (2000). "El razonamiento y el aprendizaje del alumno en el aula". En B. Biddle, T. Good y I Goodson. *La enseñanza y los profesores II: La enseñanza y sus contextos*. Barcelona: Paidós.
- OCDE (1991) "El papel vital de los profesores". En *Escuelas y calidad de la Enseñanza*. Barcelona: Paidós.
- Onrubia, J. (2000). "Enseñar: crear zonas de desarrollo próximo e intervenir en ellas". En C. Coll, et al. *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Editorial Graó.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (2004). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

- Putnam, R. y Borko, H. (2000). “El aprendizaje del profesor: implicaciones de las nuevas perspectivas de la cognición”. En B. Biddle, T. Good y I. Goodson. *La enseñanza y los profesores I: La profesión de enseñar*. Barcelona: Paidós.
- Quesada, R. (1991). *Guía para evaluar el aprendizaje teórico y práctico*. México: Trillas.
- Román, M. y Díez, E. (1999). *Aprendizaje y currículum: Didáctica socio-cognitiva aplicada*. Madrid: EOS.
- Strike, K. y Posner, G. (1992). “A Revisionist Theory of Conceptual Change”. En R. Duschl y R. Hamilton. *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. New York: State University of New York Press.
- Strong, J. (1938). *Procedures in experimental physics*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Texereau, J. (1964). *El telescopio del aficionado*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Tippens, P. (2001). *Física conceptos y aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.
- VanCleave, J. (2001). *Astronomía para niños y jóvenes*. México: Limusa.
- Varela, P. et al. (1993). *Iniciación a la física en el marco de la teoría constructivista*. Madrid: CIDE.
- Varela, P. et al. (2001). *Electricidad y magnetismo*. Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Vygotski, L. (2003). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- Wilson, J. (1996). *Física*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.

## Revistas de consulta

Astronomy ([www.astronomy.com](http://www.astronomy.com))

¿Cómo ves?, Revista de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia.

El Universo, Revista de la Sociedad Astronómica de México.

Mixcoatl, Boletín de la Coordinación de Astrofísica del INAOE.

Orión, Boletín del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Revista Mexicana de Astronomía, del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Sidereus Nunciis, Revista de la Sociedad Astronómica de la Facultad de Ingeniería.

Sky and Telescope ([www.skypub.com](http://www.skypub.com))

Skylab, Boletín del Instituto de Geofísica de la UNAM

## Software didáctico

Internet Astronomy Software (The Sky). Software Bisque. Versión 1.

## Direcciones en internet (Ciberfuentes)

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (<http://www.cinstrum.unam.mx>)

Centro de Ciencias de la Atmósfera (<http://serpiente.dgsca.unam.mx/cca>)

Dirección General de Divulgación de la Ciencia/Universum (<http://www.dgdc.unam.mx>)

Instituto de Astronomía (<http://www.astrocu.unam.mx>)

Instituto de Física (<http://biblio.ifisicacu.unam.mx/~ifisica>)

Instituto de Geofísica (<http://www.igeofcu.unam.mx/geofisica.htm> ,

<http://ariel.igeofcu.unam.mx/skylab/> ,

<http://ariel.igeofcu.unam.mx/index2.html> ,

<http://ariel.igeofcu.unam.mx/radiotelescopio/>)

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (<http://www.inaoep.mx>)

NASA (<http://teachspace.science.stsci.edu> ,

<http://sunearth.gsfc.nasa.gov> ,

<http://sunearth.ssl.berkeley.edu> ,

<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/hessi/> ,

<http://image.gsfc.nasa.gov> ,

<http://www.timed.jhuapl.edu/> ,

<http://ulysses.jpl.nasa.gov> ,

<http://www.Imsal.com/YPOP/> ,

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/explore/> ,

<http://stp.gsfc.nasa.gov>)

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO

(<http://www.unesco.org>)

## Observatorio Astronómico Nacional

La liga es a través de Instituto de Astronomía, UNAM.

- San Pedro Mártir
- Tonantzintla

## Planetarios

“Luis Enrique Erro” (Instituto Politécnico Nacional)

Av. Wilfrido Massieu s/n, esq. Av. Luis E. Erro,

Unidad Profesional Zacatenco

Apdo. Postal No. 75-271

México, D.F.

C.P. 07300

Tel. 55 86 28 47

55 86 28 58

[www.planetario.ipn.mx](http://www.planetario.ipn.mx)

“Ing. Joaquín Gallo M.” (Sociedad Astronómica de México)

Parque de los Venados,

Delegación Benito Juárez,

México, D.F.

Tel: 56 88 76 27

“Sergio González de la Mora” (Museo Tecnológico de la CFE)

2ª. Sección Bosque de Chapultepec

Apdo. Postal No. 18-816

México, D.F.

C.P. 11850

Tel. 55 16 09 64

55 16 09 65

[www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)



### Huitzilopochtli-Sol

Bosque de Chapultepec, Quinta Colorada,  
Delegación Miguel Hidalgo.  
México, D.F.  
Tel: 52 86 33 32 y 55 45 97 64

### “Papalote Museo del Niño”

2ª Sección del Bosque de Chapultepec  
Tel. 52 37 17 04 y 52 37 17 73  
[www.papalote.org.mx](http://www.papalote.org.mx)

### “Valente Souza” de la Sociedad Astronómica de México.

Parque Felipe S. Xicotencatl s/n, en  
Isabel la Católica, esq. Cádiz  
Col. Los Álamos  
Apdo. Postal M-9647  
México, D.F.  
C.P. 03400  
Tel. 55 19 47 30

### Viajero

Pujato No. 64  
Col. Lindavista  
C.P. 07300  
México D.F.  
Tel: 55 86 32 21  
<http://planetarioviajero.galeon.com/>

## Museos

### *de las Ciencias Universum*

Zona Cultural de Cd. Universitaria,

UNAM.

Tel. 56 22 73 08 y 56 22 83 28

[www.universum.unam.mx](http://www.universum.unam.mx)

### *de la Luz*

Calle del Carmen esq. San Ildefonso,

Centro Histórico

Tel. 57 02 31 83

[www.luz.unam.mx](http://www.luz.unam.mx)

## Agrupaciones Astronómicas en el D.F.

### *Sociedad Astronómica de México, A.C. (SAM)*

Isabel La Católica y Cádiz, A.P. M-9647, C.P.03400, México, D.F.; Tel: 55 19 47 30.

<http://www.sam.astro.org.mx>, correo electrónico: [socastmx@data.net.mx](mailto:socastmx@data.net.mx)

### *CODAAC (Centro de Observación y Difusión Astronómica, A.C.)*

Casa de la Cultura de la Colonia Álamos, Isabel la Católica No. 806. Col. Postal,

Delegación Benito Juárez, México D.F., correo electrónico: [nostromodenver@yahoo.com](mailto:nostromodenver@yahoo.com)

### *Sociedad Astronómica de Aragón Ilhuicatl*

Universidad Autónoma de México, Campus Aragón, Av. Hacienda de Rancho Seco S/N,

Nezahualcoyotl. Tel. 56 23 08 32, Fax. 56 23 09 51.

Correo electrónico: [astro@hp-720.aragon.unam.mx](mailto:astro@hp-720.aragon.unam.mx)

### *Sociedad Astronómica Clavius, A.C.*

Universidad Iberoamericana, Prol. Paseo de la Reforma 880, Lomas de

Santa Fe, México D. F.; Tel: 59 50 40 00, ext. 7289 y 70 78;

URL: <http://clavius.astro.org.mx>, correo electrónico: [clavius@clavius.astro.org.mx](mailto:clavius@clavius.astro.org.mx)

*Sociedad Astronómica de la Facultad de Ingeniería (C.U.) - SAFIR*

Centro Universitario, URL: <http://www.safir.8k.com>,

correo electrónico: [safirunam@yahoo.com.mx](mailto:safirunam@yahoo.com.mx)

*Sociedad Astronómica de la Facultad de Ciencias -Niburu*

Centro Universitario, UNAM

[http://www.geocities.com/nibiru\\_unam](http://www.geocities.com/nibiru_unam)

## Anexos

### A. Lugares para adquirir los materiales

- Abrasivos

Abrasivos David Lack

Obrero Mundial # 895

Tel. 55 19 16 01 y 55 19 19 60

*(Carburo de silicio y oxido de cerio)*

Rosber S.A. de C.V.

Av. San Andrés Atoto # 145

Col. San Andrés

C.P. 53500

Tel. 53 58 97 11

*(Todos los abrasivos)*

Turati

Isabel la Católica # 30

Col. Centro

C.P. 06000

Tel. 55 21 41 49 y 55 12 00 43

*(Abrasivos finos: W2 y W5)*

- Vidrios

Crisvisa La Viga, S.A. de C.V.

Calz. De La Viga # 1923

Col. Prado Churubusco

Tel. 56 70 45 40 y 56 70 45 19

- Miras telescópicas

Armas y municiones, S.A. de C.V.

Palma Norte # 335-5

Col. Centro

C.P. 06010

Tel. 55 21 37 13 y 55 12 55 23

- Oculares y accesorios

Kosmos Scientific/Deep Sky

Héroes del 47 # 46A y B

Esq. Callejón de Eleuterio Méndez frente al

Teatro Coyoacán y al Foro Rodolfo Usigli

Col. Churubusco

Del. Coyoacán

Tel. 56 05 06 42 y 56 04 90 16

Esta propuesta es para habitantes del D.F., aun así, lo mejor será consultar la Sección Amarilla para saber que otros establecimientos tienen los mismos productos, de esa manera se pueden comparar precios y sobre todo, saber cuál está más cerca de la casa donde vivimos.

## B. Construcción del ronchímetro

La prueba de Ronchi necesita de un dispositivo para llevar a cabo dicha prueba. Este dispositivo lo llamamos “ronchímetro” se puede ver en la figura III.31 y consta de dos partes, la primera de un soporte para colocar el espejo cóncavo (soporte del espejo) y la segunda parte lo constituye la lámpara junto con la rejilla de difracción (soporte de la rejilla). El ensamble del ronchímetro se describe a continuación.

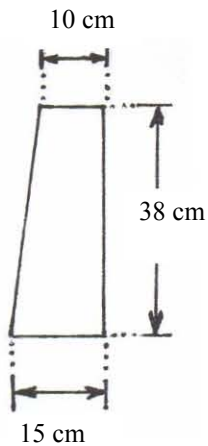
En este proceso necesitamos la siguiente herramienta:

- Arco con segueta
- Brocas de: 1/8, 1/4 y 1/2”
- Taladro
- Martillo
- Desarmador plano
- Formón
- Mazo

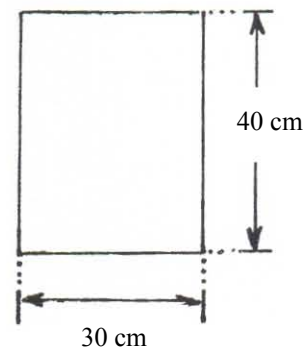
### *Soporte del espejo*

Para iniciar la construcción del soporte del espejo se necesita el siguiente material:

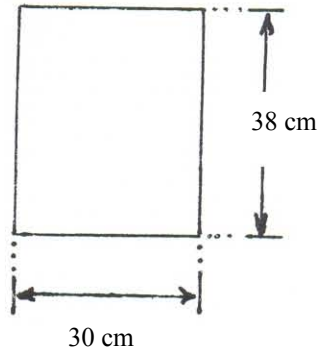
- 12 tornillos para madera de 1 ¼”.
- 2 resortes suaves de 3 cm de largo por 1.4 cm de diámetro (que se pueda estirar).
- 2 armellas pequeñas de 18x50 mm.
- 2 bisagras rectangulares medianas de 38x36.5 cm.
- 1 tornillo de cabeza hexagonal de ¼” por 3” con dos tuercas.
- 2 jaladeras de madera de 1 ½” de diámetro.
- 2 tramos de 15 cm de bastón de madera de ½”.
- 2 clavos de 1”.
- 1 cinta de aluminio de 2x8 cm con dos pijas fijadora de ½”.
- Pegamento blanco 850.
- Diferentes cortes de madera de pino de ¾”.



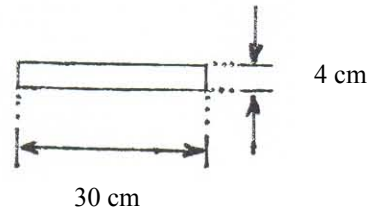
Base A



Base B



Base C



Base D

Base	Cantidad
A	2
B	1
C	1
D	3

El ensamble del soporte del espejo se muestra en la figura 1. Las flechas indican el lugar donde debe colocarse el material.

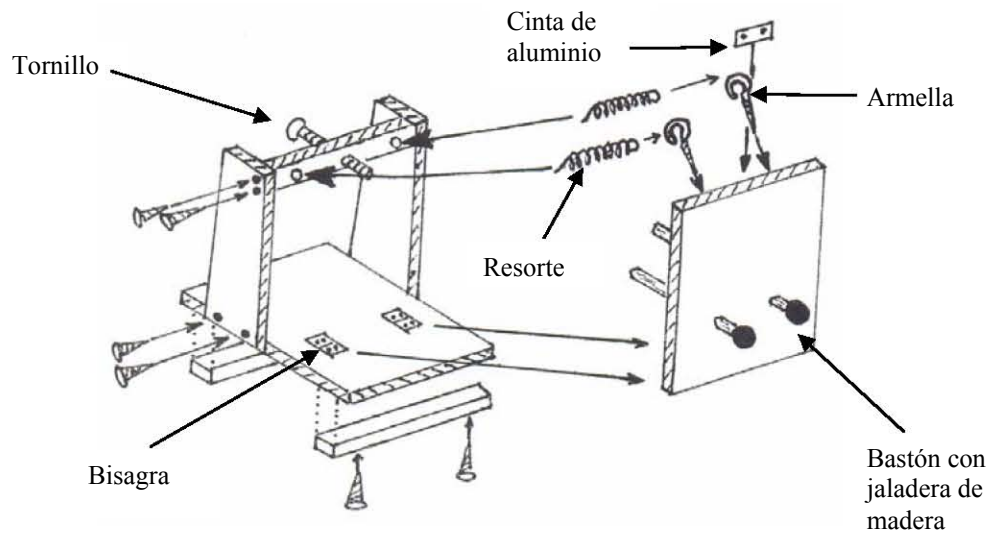


Fig. 1. Ensamble del soporte del espejo cóncavo.

Trataremos de dar un esbozo de los pasos seguir en el ensamble:

1. Unimos el bastón con la jaladera de madera.

- Con la segueta cortamos la cabeza a los clavos.
- En el centro del bastón se introduce un extremo del clavo, aproximadamente la mitad.
- En las superficies de la jaladera y el bastón que se van a unir ponemos pegamento blanco.
- En el centro de la jaladera se coloca el otro extremo del clavo y suavemente se golpea con el martillo hasta que queden completamente unidos (fig. 2).

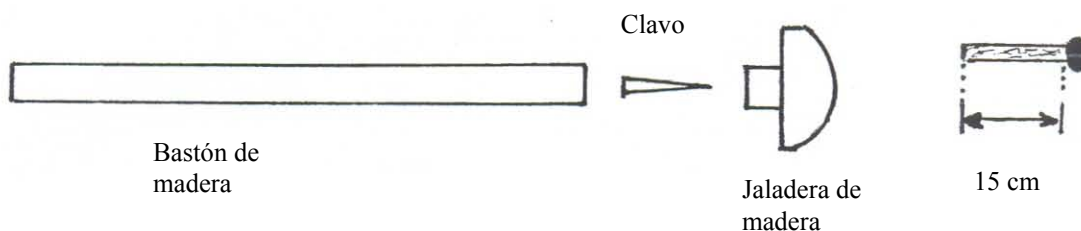


Fig. 2. El bastón y la jaladera de madera deben de quedar bien unidos.

2. La base C

- En la cara de enfrente se hacen dos perforaciones con la broca de  $\frac{1}{2}$ " (fig. 3), para colocar los dos bastones.

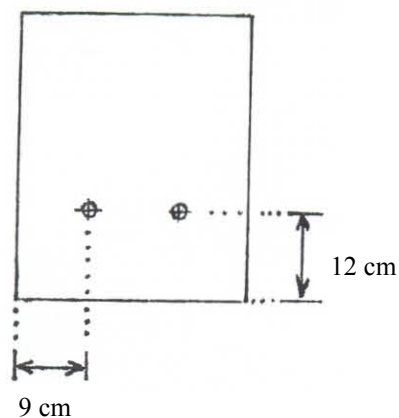


Fig. 3. La base C vista por enfrente.



- En la parte de atrás se coloca la cinta de aluminio, un par de armellas y las bisagras (fig. 4).

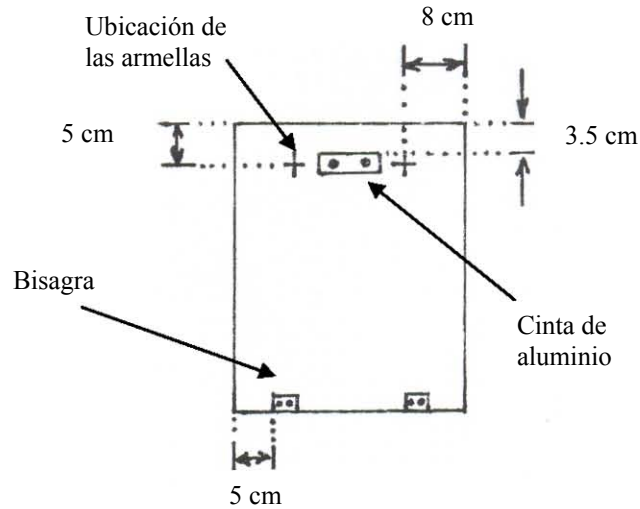


Fig. 4. La base C vista por atrás.

### 3. Unimos la base B con la D

- Colocando las patas (base D) a la base B aproximadamente a 2 cm de la orilla, se fijan con un par de tornillos para madera (fig. 5).

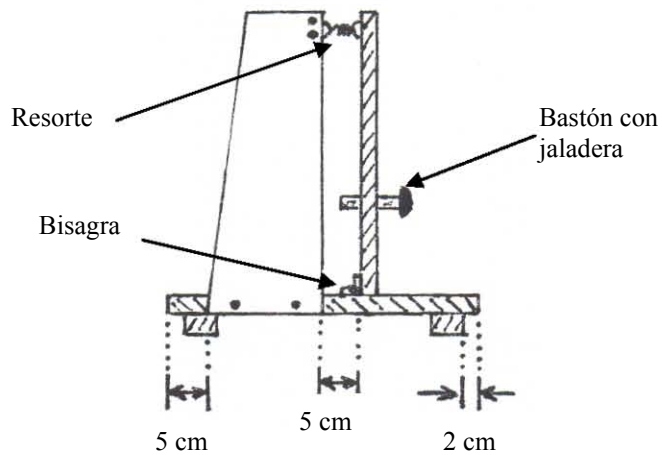


Fig. 5. El soporte del espejo visto de lado.

#### 4. Unimos la base A con la B

- Colocando las dos bases A a la B aproximadamente a 5 cm de la orilla, se fijan con un par de tornillos para madera (fig. 5).

#### 5. Unimos la base A con la D

- En la base D que sobra hacemos un par de orificios con la broca de 1/8" para colocar los resortes (fig. 6). El resorte se introduce en este orificio y se engancha a la base D.

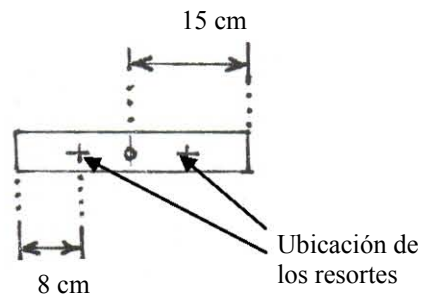


Fig. 6. En la base D se muestra la ubicación de los resortes y el tornillo.

- En el centro de esta base se hace una perforación con la broca de 1/4".
- Dibujamos la tuerca del tornillo en la parte de enfrente y de atrás de la base D, con el formón se hace un vaciado para insertar las tuercas y finalmente se coloca el tornillo de 1/4".
- Por último se coloca la base D en la parte superior de la A y se fija con un par de tornillos para madera (fig. 1).

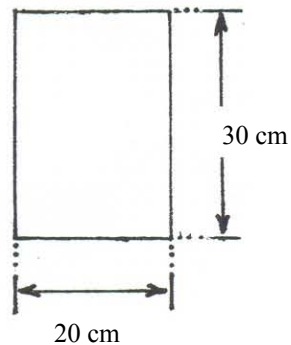
#### 6. Unimos la base B con la C

- La base C se fija a 5 cm de la B a través de las bisagras (fig. 5).
- Los resortes se enganchan de las armellas que se encuentran en la base C (fig. 1).

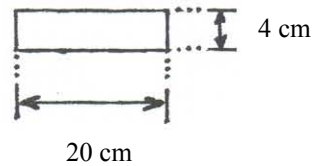
### *Soporte de la rejilla*

Para iniciar la construcción del soporte de la rejilla se necesita el siguiente material:

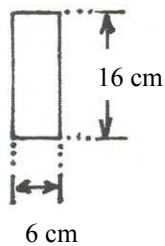
- 6 tornillos para madera de 1 ¼”.
- 8 pijas fijadora de ½”.
- Un recipiente de plástico de aceite para automóvil de 1 litro.
- Un foco de 15 w con portalámpara redonda, cable y clavija.
- 1 ángulo de aluminio de ¾” por 9 cm de largo.
- 1 ángulo de aluminio de ¾” por 4.5 cm.
- 1 ángulo de aluminio de 1” por 5 cm.
- 2 navajas de rasurar.
- 1 cinta adhesiva.
- 1 pedazo de malla de 2x2 cm (puede servir la malla de mosquitero, la de los filtros de gasolina, etc.).
- Diferentes cortes de madera de pino de ¾” (base E y F) y de 1 ¼” (base G y H).



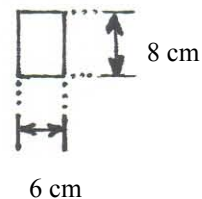
Base E



Base F



Base G



Base H

Base	Cantidad
E	1
F	2
G	2
H	1

El ensamble del soporte de la rejilla se muestra en la figura 7. Las flechas indican el lugar donde debe colocarse el material.

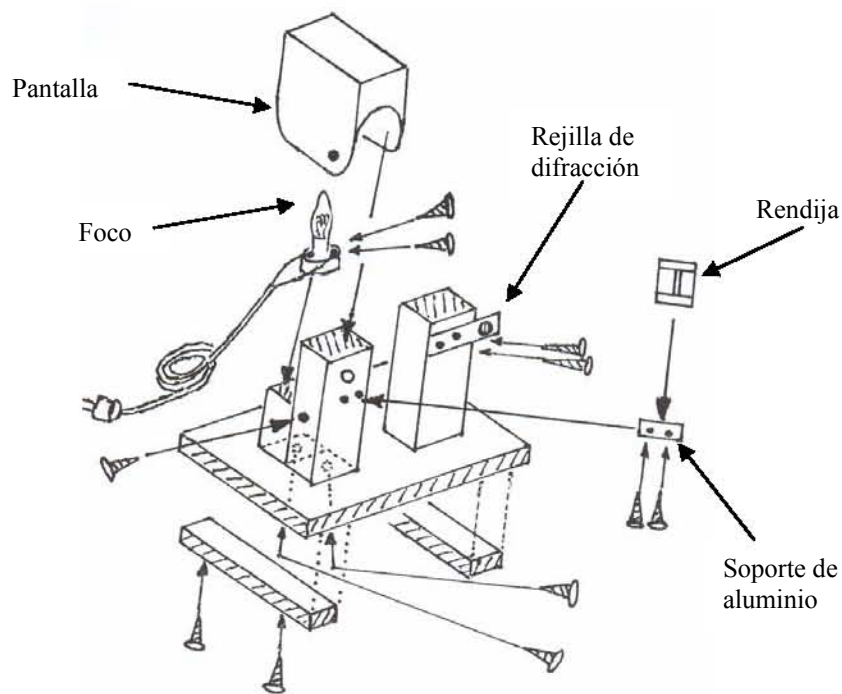


Fig. 7. Ensamble del soporte de la rejilla.

Trataremos de dar un esbozo de los pasos a seguir en el ensamble:

1. En la base H.
  - Colocamos el portalámpara redonda del foco a la base H con un par de pijas fijadora en la superficie de lado 6x4 cm (fig. 7).
  - En el enchufe se conecta el cable con su clavija.

## 2. Construimos una rendija.

- Sobre un par de pedazos de cinta adhesiva se colocan las dos navajas de rasurar<sup>1</sup> dejando una pequeña rendija (medio milímetro) entre los dos filos (fig. 8). Lo ancho de la cinta adhesiva se dobla hacia las navajas. Con otros dos pedazos de cinta adhesiva se cubre el hueco de las navajas incluyendo el filo de las mismas.

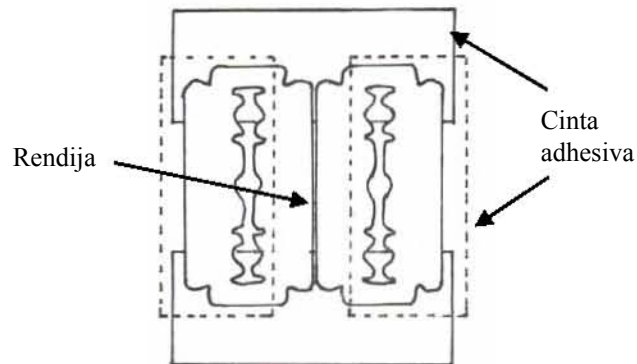


Fig. 8. Con las dos navajas se construye una rendija pequeña.

- La rendija que acabamos de construir la ponemos en el ángulo de aluminio de  $\frac{3}{4}$ " por 4.5 cm, después doblamos o cerramos el ángulo para que las navajas queden fijas al aluminio (fig. 9).

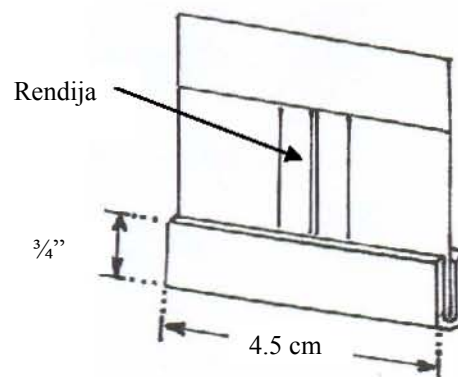


Fig. 9. Las navajas quedan presionadas entre el ángulo de aluminio.

<sup>1</sup> La ventaja de construir la rendija con un par de navajas de rasurar es porque son delgadas y por lo tanto recto de sus filos.

3. En la base G.

- En la base G se hace una perforación con la broca de  $\frac{1}{2}$ " a 13 cm de altura, en el centro de la superficie de lados 6x16 cm (fig. 7).
- Con el ángulo de aluminio de 1" por 5 cm hacemos un soporte para la rendija. Doblamos un lado del ángulo como lo muestra la figura 10. Con la broca de  $\frac{1}{8}$ " se hacen dos perforaciones.

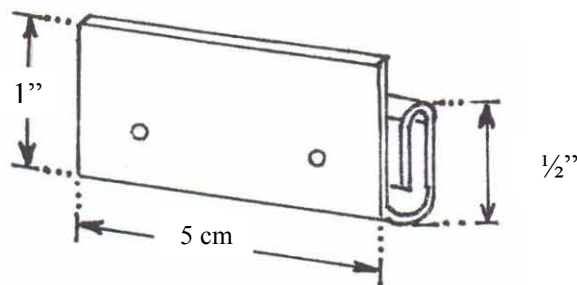


Fig. 10. El soporte de la rendija se construye con un ángulo de aluminio.

- Este soporte lo colocamos a 10 cm de altura (fig. 11) y se sostiene con un par de pijas fijadora. La rendija se pone en este soporte.

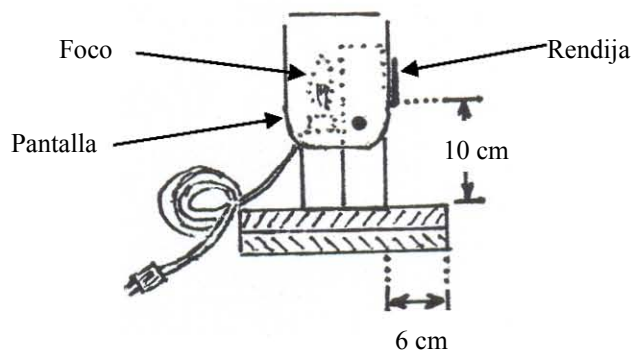


Fig. 11. El soporte de la rejilla visto de lado.

- Construimos una pantalla para el foco con el recipiente de aceite (fig. 12).

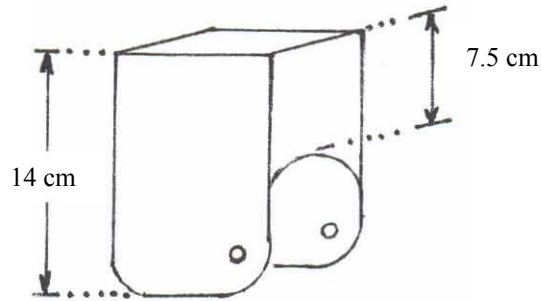


Fig. 12. La pantalla del foco.

4. Unimos la base G y H.

- En la superficie de contacto entre la base G y H ponemos pegamento blanco y las unimos.
- Cuando las bases queden completamente unidas, se fijan a la base E con un par de tornillos para madera (fig. 7, 11 y 13).

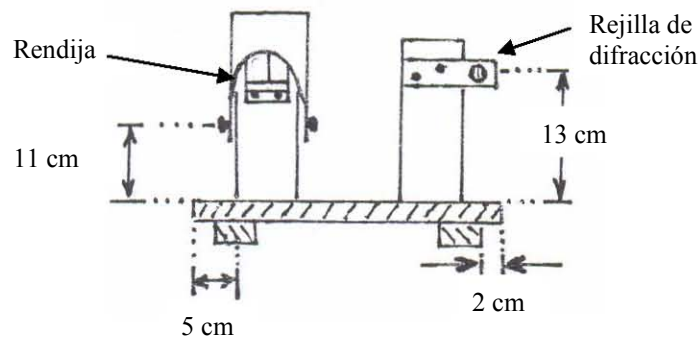


Fig. 13. El soporte de la rejilla visto de frente.

5. Construimos una rejilla de difracción.

- El ángulo de aluminio de  $\frac{3}{4}$ " por 9 cm lo cerramos y en uno de sus extremos se hace una perforación con la broca de  $\frac{1}{2}$ ".
- Abrimos un poco el ángulo e introducimos la malla. Nuevamente se cierra el ángulo de tal manera que la malla quede fija en el aluminio.

- En el otro extremo del ángulo de aluminio se hacen un par de orificios con la broca de 1/8" (fig. 13).

6. Unimos la rejilla de difracción a la base G.

- Con un par de pijas fijadora se coloca la rejilla de difracción a la base G (fig. 7 y 13), procurando que el centro de la rejilla quede a 13 cm de altura.
- Esta base G que sostiene la malla queda libre sobre la base E, es decir, no necesita atornillarse.

7. Unimos la base E con la F.

- Colocando las patas (base F) a la base E aproximadamente a 2 cm de la orilla con un par de tornillos para madera (fig. 13).

**Nota:** Para facilitar la localización de la imagen se recomienda usar una pantalla plana de triplay de 3 mm por 30x30 cm. Si la pantalla se pinta de blanco, la imagen se puede ver más nítida.



Fig. 14. Ronchímetro.

### C. Cálculo de la profundidad del esmerilado



En el capítulo III se comentó que el esmerilado tiene como propósito transformar poco a poco la superficie plana del vidrio en una superficie cóncava, pero además, la concavidad corresponde a la de una esfera. Proyectando la esfera en un plano se vería como una circunferencia, donde el vidrio cóncavo se ajustaría a ella.

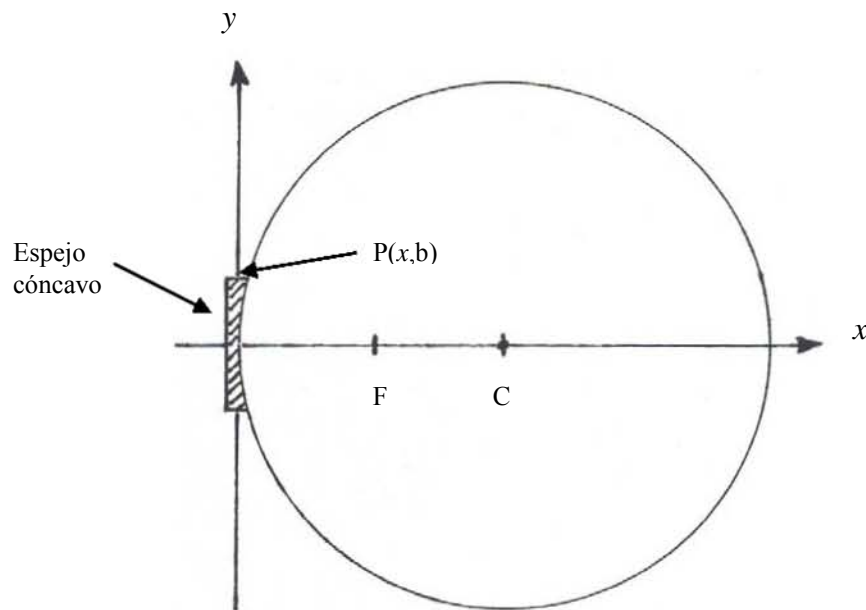


Fig. El espejo cóncavo.

La concavidad del espejo principal se puede calcular con el siguiente análisis. Para facilitar las cosas, colocamos el espejo de tal manera que su eje focal coincida con el eje  $x$ . Sea  $C$  el centro de la esfera y  $F$  el foco del espejo cóncavo. Nos planteamos la siguiente pregunta, si  $y = b$  entonces cuál es el valor de  $x$  ( $x$  corresponde a la profundidad del esmerilado). El valor de  $b$  está relacionado con el diámetro del espejo principal,  $b = D/2$ .

Para responder a la pregunta, recordemos que la ecuación de la circunferencia con centro fuera del origen es:

$$(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2,$$

donde  $h$  y  $k$  corresponden a las coordenadas del centro  $C(h,k)$  y  $r$  es el radio de la circunferencia.

En particular para este caso, el centro se encuentra sobre el eje  $x$ , el centro tiene coordenadas  $C(h,0)$ , la ecuación de la circunferencia se transforma en:

$$(x - h)^2 + y^2 = r^2 .$$

En el problema que estamos planteando  $y = b$  entonces la ecuación es:

$$(x - h)^2 + b^2 = r^2 ,$$

despejando  $x$  de esta ecuación

$$(x - h)^2 = r^2 - b^2$$

$$x - h = \pm\sqrt{r^2 - b^2}$$

$$x = h \pm \sqrt{r^2 - b^2}$$

Sabemos que para nuestro telescopio newtoniano:

$$D = 15 \text{ cm, entonces } b = 7.5 \text{ cm}$$

$$F = 150 \text{ cm, entonces } r = 2F = h = 300 \text{ cm}$$

Sustituyendo estos valores en la última expresión, tenemos que:

$$x = 0.09376 \text{ cm} \approx 1 \text{ mm}$$

## D. Plan de clases

Asignatura: Astronomía

Área I (Físico-Matemáticas y de las Ingenierías) y área II (Químico-Biológicas)

Año escolar en que se imparte: sexto año

Bachillerato: Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM

Número de horas semanales: 3

Categoría de la asignatura: optativa

Propósitos generales:

- Mostrar un panorama general de la astronomía a nivel básico para complementar la cultura científica del alumno.

- Mostrar las interrelaciones que existen entre las diversas ciencias, en particular la física, las matemáticas, la biología y la astrofísica para adquirir una visión general de las ciencias y de sus métodos de trabajo.
- Desarrollar las habilidades psicomotrices de los alumnos mediante la construcción y uso de diversos instrumentos de observación, prototipos didácticos, modelos, maquetas, etc.
- Mostrar al alumno cómo el astrónomo construye su conocimiento.

Unidades didácticas:

*Primera Unidad: Historia de la Astronomía y Principios Básicos (24 hr)*      *Segunda Unidad: El sistema solar (24 hr)*

Objetivo de la unidad

El alumno comprenderá cómo nuestros antepasados, al observar sistemáticamente el cielo con ayuda de instrumentos sencillos, descubrieron regularidades que les permitieron elaborar modelos para explicar los fenómenos observados y predecir nuevos hechos. Describirá las posiciones y los movimientos de los cuerpos celestes, así como los instrumentos empleados en la actualidad para medir y registrar las características de los cuerpos celestes.

Objetivo de la unidad

El alumno comprenderá las similitudes y diferencias entre la Tierra y los demás planetas del sistema solar. Conocerá las dimensiones y características del sistema solar, la importancia que el Sol tiene para nosotros y la singularidad de nuestro planeta por tener vida, así como la necesidad de preservar nuestro entorno.

Objetivos didácticos

- Mostrar un bosquejo bastante claro, de cómo surgió el telescopio óptico con sus principales autores: Galilei y Newton.
- Demostrar el funcionamiento básico de un telescopio refractor y reflector.
- Ubicar en que región del cielo se mueve el Sol, la Luna, los planetas y las constelaciones del zodiaco.
- Analizar qué planetas se pueden observar en una noche cualquiera.
- Descubrir qué imagen presenta el planeta visto desde la Tierra.

- Utilizar el telescopio newtoniano para realizar observaciones.

## Contenidos

### a) Conceptuales

- Leyes de la refracción y reflexión de la luz. Formación de imágenes con lentes y espejos cóncavos.
- Instrumentos de observación astronómica. Astrolabio y telescopio óptico. Ascensión recta y declinación.
- La eclíptica. Astros que la recorren.

### b) Procedimentales

- Diseño y realización de un telescopio óptico.
- Realización de varias actividades experimentales.
- Observación de la ubicación de algunos cuerpos celestes.
- Construir materiales didácticos.
- Identificación de los astros que recorren la eclíptica.
- Utilización del telescopio newtoniano para la observación astronómica.
- Análisis de la información que permita describir que planetas presentan fases.

### c) Actitudinales

- Cuidado y buen uso del material y equipo de laboratorio.
- Percatarse de la gran utilidad de los observatorios para nuestra vida cotidiana, el conocimiento y comprensión del universo.
- Reconocimiento de que la astronomía fomenta la capacidad crítica, creativa y de razonamiento.
- Valoración del desarrollo de habilidades psicomotrices mediante la construcción y uso de diversos instrumentos de observación.
- Reconocimiento de que el movimiento de los planetas, la Luna y las constelaciones del zodiaco recorren la eclíptica.
- Valoración y respeto en relación con las opiniones de otras personas.
- Aprecio por el trabajo riguroso y preciso.

- Reconocimiento y valoración de la importancia del trabajo en equipo en la planificación y realización de experiencias.

<b>Estrategias de enseñanza-aprendizaje</b>	<b>Recursos</b>	<b>Evaluación</b>
<b>Primera sesión</b> - Evaluación del curso - Examen diagnóstico	- Gis - Pizarrón - Material impreso	<i>Diagnóstica</i>
<b>Segunda sesión</b> - Exposición guiada por parte del profesor sobre una introducción histórica del desarrollo de los instrumentos de observación astronómica, en particular del telescopio de Galileo y el de Newton. - En una discusión grupal, recordar el concepto de reflexión y refracción de la luz. - Tarea: construir de manera individual un astrolabio direccional	- Acetatos - Transparencias - Prototipo de astrolabio - Proyector de transparencias y acetatos	<i>Formativa:</i> - Participación individual  <i>Sumativa:</i> - Asistencia a clases
<b>Tercera sesión</b> - Actividad experimental por equipo (anexo E): * Con una vela y una lente comparará y registrará las características de la imagen respecto al objeto. * Con una vela y un espejo cóncavo comparará y registrará las características de la imagen respecto al objeto.	- Equipo de óptica - Flexómetro - Material impreso	<i>Formativa:</i> - Participación en equipo  <i>Sumativa:</i> - Revisión de la construcción del astrolabio - Informe por equipo de la actividad - Asistencia a clases
<b>Cuarta sesión</b> - En una discusión guiada y retomando los resultados experimentales, el profesor explicará cómo se construyen las imágenes, y el	- Gis - Pizarrón - Acetato - Transparencias	<i>Formativa:</i> - Participación individual

<p>funcionamiento de un telescopio refractor y reflector.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En una discusión grupal el profesor comentará el funcionamiento del astrolabio direccional.</li> <li>- Tarea: Usando el astrolabio, que elabore de manera individual una lista de los astros más brillantes (ubicación) que se encuentren en el cielo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prototipo de astrolabio</li> <li>- Proyector de transparencias y acetatos</li> </ul>	<p><i>Sumativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reporte de la actividad experimental</li> <li>- Asistencia a clases</li> </ul>
<p><b>Quinta sesión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En una discusión grupal: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Analizar las dificultades para observar los planetas.</li> <li>* Determinar la región de la eclíptica</li> <li>* ¿Qué se puede ver con un telescopio de 150 mm de abertura?</li> </ul> </li> <li>- Actividades en equipo: <p>Conociendo el periodo y la ubicación que tienen los planetas el 21 de marzo, pronosticar: a) la ubicación que tendrán en los meses de abril, mayo y junio, b) la ubicación que tuvieron en el mes de febrero.</p> </li> <li>- En una discusión grupal y retomando los resultados experimentales se comenta por qué no se pueden ver todos los planetas en una noche cualquiera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gis</li> <li>- Pizarrón</li> <li>- Acetato</li> <li>- Transparencias</li> <li>- Constelaciones de bolsillo</li> <li>- Prototipo de sistema solar</li> <li>- Esfera celeste</li> </ul>	<p><i>Formativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación individual</li> </ul> <p><i>Sumativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe de la actividad por equipo</li> <li>- Asistencia a clases</li> <li>- Revisión de los astros más brillantes</li> </ul>
<p><b>Sexta sesión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividad en equipo: <p>Simular el movimiento de un planeta que se mueve: a) Entre el Sol y la Tierra, b) más allá de la órbita de la Tierra. Para conocer si el planeta presenta fases como la Luna.</p> </li> <li>- En una discusión grupal y retomando los resultados experimentales se comenta cuáles son las características de los planetas que presentan fases.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gis</li> <li>- Pizarrón</li> <li>- Esferas de unicel</li> <li>- Foco</li> </ul>	<p><i>Formativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación individual</li> </ul> <p><i>Sumativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe de la actividad por equipo</li> <li>- Asistencia a clases</li> </ul>

<p><b>Séptima sesión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A simple vista localizar los planetas y determinar la constelación en la que se mueven.</li> <li>- Con la ayuda del astrolabio de manera individual obtener la ubicación de cada uno de los planetas que se encuentren en el cielo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prototipo de astrolabio</li> <li>- Circulo celeste</li> </ul>	<p><i>Formativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación individual</li> </ul> <p><i>Sumativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe individual</li> <li>- Asistencia a clases</li> </ul>
<p><b>Octava sesión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividad experimental por equipo: Observar la superficie de la Luna para familiarizarse con los movimientos del telescopio.</li> <li>- Proyección de una película sobre la Luna.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Acetatos</li> <li>-Telescopio tipo newtoniano</li> <li>- Proyector de acetatos</li> <li>- Video de la Luna</li> </ul>	<p><i>Formativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación por equipo</li> </ul> <p><i>Sumativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe individual de la actividad</li> <li>- Asistencia a clases</li> </ul>
<p><b>Novena sesión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Actividad experimental por equipo: Observar los planetas a través del telescopio.</li> <li>- Tarea: investigar las características físicas de cada uno de los planetas observados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Telescopio tipo newtoniano</li> </ul>	<p><i>Formativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación en equipo</li> </ul> <p><i>Sumativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registrar lo que observan</li> <li>- Asistencia a clases</li> </ul>
<p><b>Décima sesión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividades experimentales fenomenológicas:</li> <li>* Observación de Mercurio</li> <li>* Atmósfera de Venus</li> <li>* Retroceso de Marte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gis</li> <li>- Pizarrón</li> <li>- Materiales varios</li> </ul>	<p><i>Formativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación individual</li> </ul> <p><i>Sumativa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisión de la tarea planteada</li> <li>- Asistencia a clases</li> </ul>
<p><b>Onceava sesión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gis</li> </ul>	<p><i>Formativa:</i></p>

<p>- Actividades experimentales:</p> <p>* Mancha de Júpiter</p> <p>* Anillos de Saturno</p> <p>-Discusión grupal de las características físicas de los planetas.</p> <p>-Comparar la superficie del planeta que se observó con la imagen que aparece en los libros.</p> <p>- Proyección de películas sobre los planetas que se observaron.</p>	<p>- Pizarrón</p> <p>- Materiales varios</p> <p>- Videos de los planetas</p>	<p>- Participación individual</p> <p><i>Sumativa:</i></p> <p>- Informe individual de la actividad</p> <p>- Asistencia a clases</p>
<p><b>Doceava sesión</b></p> <p>- Actividad experimental por equipo:</p> <p>Observar las manchas solares para practicar la observación astronómica con el telescopio newtoniano.</p> <p>- Proyección de la película sobre el Sol.</p>	<p>-Telescopio tipo newtoniano</p> <p>- Filtro solar</p> <p>- Video del Sol</p>	<p><i>Formativa:</i></p> <p>- Participación por equipo</p> <p><i>Sumativa:</i></p> <p>- Informe individual de la actividad</p> <p>- Asistencia a clases</p>
<p><b>Treceava sesión</b></p> <p>- Evaluación y revisión de los aprendizajes</p>	<p>- Gis</p> <p>- Pizarrón</p> <p>- Material impreso</p>	<p><i>Formativa:</i></p> <p>Autoevaluación de los alumnos</p> <p>- Evaluación del curso</p> <p>- Evaluación del profesor</p> <p><i>Sumativa:</i></p> <p>Examen parcial</p>

## Evaluación

- Del aprendizaje
  - Diagnóstica



- Formativa
- Sumativa
  
- Del profesor
  - Por parte de los alumnos
  - Por parte del supervisor
  - Por parte del par
  - Por parte del propio profesor (autoevaluación)

#### Calificación (Evaluación sumativa)

Asistencia a clases                    25 %

Participación en clases

Tareas                                    25 %

Experimentos                            25 %

Examen parcial                         25 %

---

Calificación final                        100 %

#### Bibliografía

1. Abetti, G. (1983). *Historia de la astronomía*. México: Fondo de Cultura Económica, Breviarios.
2. Estévez, E. H. (2004). *Enseñar a aprender*. México: Paidós.
3. Fierro, J. (1991). *Cómo Acercarse a la Astronomía*, México: Ed. Limusa.
4. Levy, D. (1995). *Observar el cielo*. Barcelona: Editorial Planeta.
5. Malacara, D. y Malacara, J. (1988). *Telescopios y estrellas*. México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 57).
6. Moreno, M. A. (2000). *Historia de la Astronomía en México*. México: Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, núm. 4).
7. Morrison, D., Wolf, S. y Franknoi, A. (1995). *Abell's Exploration of the Universe*.

Orlando FL: Saunders College Publishing.

8. Nieto Gil, J. (2001). *La autoevaluación del profesor*. Barcelona: CISSPRAXIS.

Revistas

1. Astronomy
2. Revista Mexicana de Astronomía
3. Sky and Telescope
4. ¿Cómo ves?

## E. Práctica de laboratorio: Imagen de un objeto con un telescopio óptico

### **Actividad Experimental**

#### *Imagen de un objeto con un telescopio óptico*

Propósito:

Determinar las características de la imagen de una vela que se obtiene con una lente convergente y un espejo cóncavo.

Introducción:

En realidad no es claro quién inventó el telescopio refractor, pero registros en los archivos de la Haya, Holanda muestran que el 2 de octubre de 1608 Hans Lippershey, un fabricante de anteojos holandés, solicitó una patente para tal instrumento. En Padua, un año después en 1609, Galileo Galilei oyó acerca de la invención y antes de 24 horas, tallando las lentes a mano, había construido su propio instrumento, de tal manera que el 7 de enero de 1610 descubrió las lunas de Júpiter. Dentro del mismo año vio los anillos de Saturno y en seguida concluyó que el Sol giraba, después de observar que las manchas de éste se movían en su superficie. El año en que murió Galileo nació Newton.

El primer telescopio reflector fue inventado por el escocés James Gregory en 1661. Sin embargo el telescopio reflector construido con éxito fue el de Newton en 1668, tenía solamente 15.88 cm (6¼”) de largo y 3.39 cm (1⅓”) de diámetro con un aumento de alrededor de 35 veces.

Durante el siglo XX se han construido telescopio de reflexión cada vez mayores. Los estudios realizados con estos instrumentos han revelado la estructura de enormes y distantes agrupaciones de estrellas, denominados galaxias, y de cúmulos de galaxias. En la segunda mitad del siglo XX los progresos en física proporcionaron nuevos tipos de instrumentos astronómicos, algunos de los cuales se han emplazado en los satélites que se utilizan como observatorios en la órbita de la Tierra. Estos instrumentos son sensibles a una amplia variedad de longitudes de radio, incluidos los rayos gamma, los rayos X, los ultravioleta, los infrarrojos y las regiones de radio del espectro electromagnético.

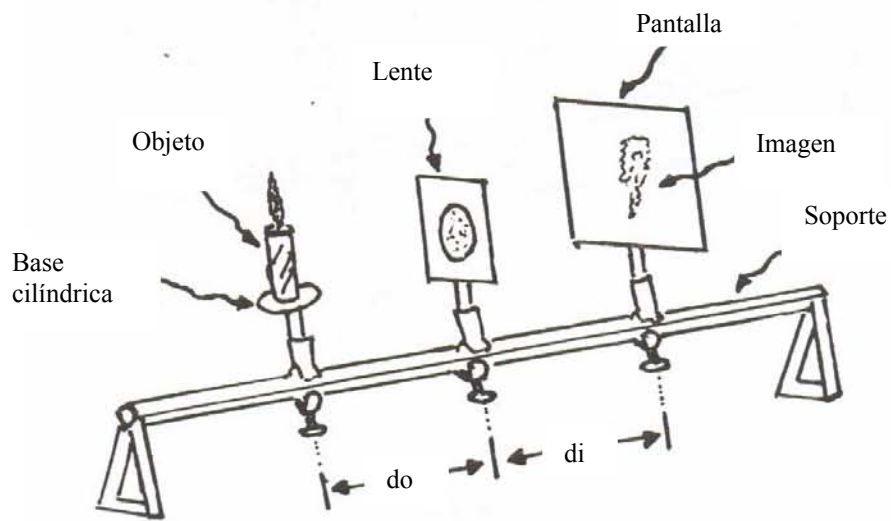
Material:

- Una vela
- Un metro
- Una caja de óptica

Desarrollo:

Armar cada uno de los esquemas que se muestran

***A) Usando una lente convergente:***



1. Coloca el objeto (vela) a la distancia indicada en la tabla ( $d_o$ ) y regístrala.
2. Mide la distancia a la que aparece la imagen ( $d_i$ ). Observa la característica de la imagen y regístrala en la siguiente tabla:

Intervalo	$d_o$	$d_i$	Características
$d_o > 2F$			
$d_o = 2F$			
$F < d_o < 2F$			
$d_o = F$			
$d_o < F$			

Análisis:

1. Coloca el objeto (vela) a 150, 200 y 300 cm y observa en donde esta la imagen, así como la característica que presenta.

2. Compara la distancia a la que aparece la imagen con la distancia focal de la lente.

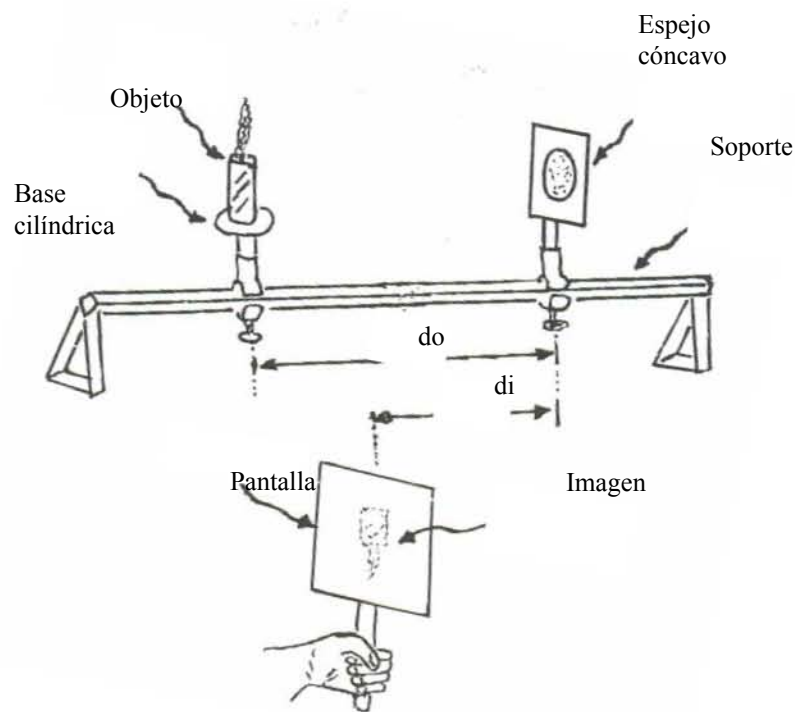
Reflexión:

1. ¿Por qué al colocar la fuente luminosa a una distancia muy alejadas de la lente la imagen se forma a la distancia focal?

2. ¿Puede ser que la imagen sea más grande que el objeto?

3. ¿Será posible obtener una imagen derecha?

**B) Usando un espejo cóncavo:**



1. Coloca el objeto (vela) a 150 cm o más y encuentra la distancia focal (F) del espejo cóncavo.

- Coloca el objeto a la distancia indicada en la tabla ( $d_o$ ) y regístrala.
- Mide la distancia a la que aparece la imagen ( $d_i$ ). Observa la característica de la imagen y regístrala en la siguiente tabla:

Intervalo	$d_o$	$d_i$	Características
$d_o > 2F$			
$d_o = 2F$			
$F < d_o < 2F$			
$d_o = F$			
$d_o < F$			

Reflexiones:

- ¿Puede ser que la imagen sea más grande que el objeto?
- ¿Será posible obtener una imagen derecha?

### ***C) Investigación***

- Desde el punto de vista teórico, ¿crees que se pueden conocer los datos de las tablas? Explica tu respuesta.
- ¿Qué característica tienen una imagen virtual y una imagen real?

3. ¿Cuáles son las leyes de la refracción de la luz?

4. ¿Cuáles son las leyes de la reflexión de la luz?

5. ¿Qué tipo de lentes se conocen?

6. ¿Que tipos de espejos esféricos se conocen?

7. ¿Por qué en un telescopio la imagen que se observa, se encuentra a la distancia focal?

8. ¿Cómo funciona un telescopio de refracción (tipo galileano)?

9. ¿Cómo funciona un telescopio de reflexión (tipo newtoniano)?

Referencias:

- Tippens, P. (2001). *Física conceptos y aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.
- Wilson, J. (1996). *Física*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.



# Actividad Experimental

## *Imagen de un objeto con un telescopio óptico*

### Propósito:

Determinar las características de la imagen de una vela que se obtiene con una lente y un espejo cóncavo.

### Introducción:

En realidad no es claro quién inventó el telescopio refractor, pero registros en los archivos de la Haya, Holanda muestran que el 2 de octubre de 1608 Hans Lippershey, un fabricante de anteojos holandés, solicitó una patente para tal instrumento. En Padua, un año después en 1609, Galileo Galilei oyó acerca de la invención y antes de 24 horas, tallando las lentes a mano, había construido su propio instrumento, de tal manera que el 7 de enero de 1610 descubrió las lunas de Júpiter. Dentro del mismo año vio los anillos de Saturno y después concluyó que el Sol giraba, después de observar que las manchas de éste se movían en su superficie. El año en que murió Galileo nació Newton.

El primer telescopio reflector fue inventado por el escocés James Gregory en 1661. Sin embargo el telescopio reflector construido con éxito fue el de Newton en 1668, tenía solamente 15.88 cm ( $6\frac{1}{4}$ "") de largo y 3.39 cm ( $1\frac{1}{3}$ "") de diámetro con un aumento de alrededor de 35 veces.

Durante el siglo XX se han construido telescopios de reflexión cada vez mayores. Los estudios realizados con estos instrumentos han revelado la estructura de enormes y distantes agrupaciones de estrellas, denominadas galaxias, y de cúmulos de galaxias. En la segunda mitad del siglo XX los progresos en física proporcionaron nuevos tipos de instrumentos astronómicos, algunos de los cuales se han emplazado en los satélites que se utilizan como observatorios en la órbita de la Tierra. Estos instrumentos son sensibles a una amplia variedad de longitudes de radio, incluidos los rayos gamma, los rayos X, los ultravioleta, los infrarrojos y las regiones de radio del espectro electromagnético.

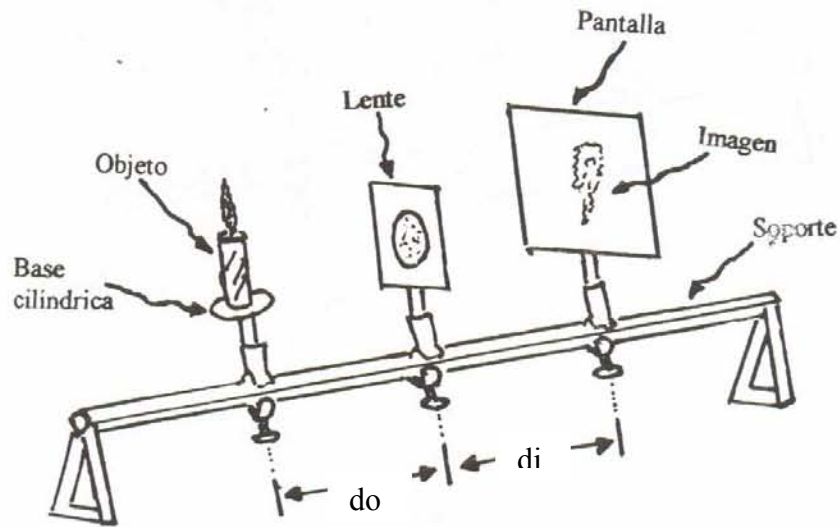
### Material:

- Una vela
- Un metro
- Una caja de óptica

### Desarrollo:

Armar cada uno de los esquemas que se muestran

A) Usando una lente:



1. Coloca el objeto (vela) a la distancia indicada en la tabla ( $d_o$ ) y regístrala.
2. Mide la distancia a la que aparece la imagen ( $d_i$ ). Observa la característica de la imagen y regístrala en la siguiente tabla:

Intervalo	$d_o$	$d_i$	Características
$d_o > 2F$			
$d_o = 2F$			
$F < d_o < 2F$			
$d_o = F$			
$d_o < F$			

Análisis:

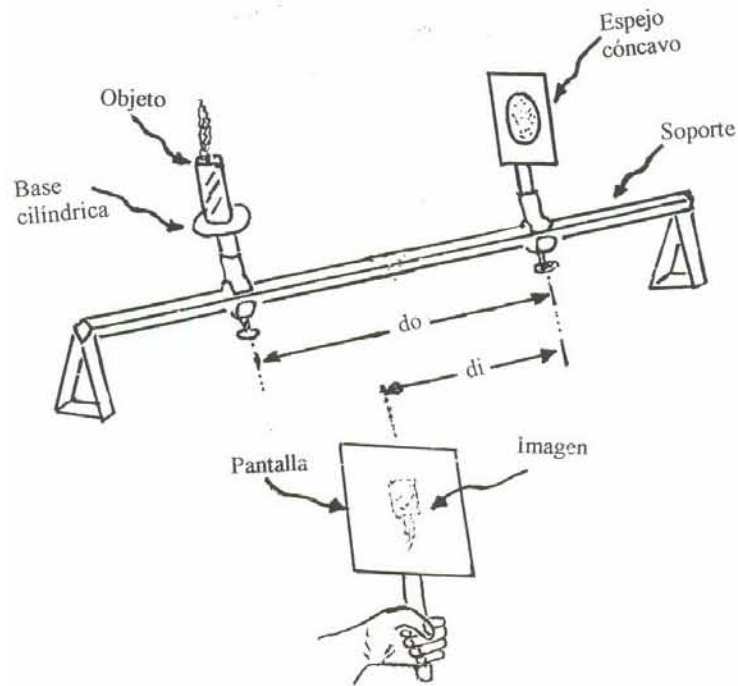
1. Coloca el objeto (vela) a 150, 200 y 300 cm y observa en donde esta la imagen, así como la característica que presenta.

2. Compara la distancia a la que aparece la imagen con la distancia focal de la lente.

Reflexión:

1. ¿Por qué al colocar la fuente luminosa a una distancia muy alejadas de la lente la imagen se forma a la distancia focal?
2. ¿Puede ser que la imagen sea más grande que el objeto?
3. ¿Será posible obtener una imagen derecha?

**B) Usando un espejo cóncavo:**



1. Coloca el objeto (vela) a 150 cm o más y encuentra la distancia focal (F) del espejo cóncavo.
2. Coloca el objeto a la distancia indicada en la tabla ( $d_o$ ) y regístrala.
3. Mide la distancia a la que aparece la imagen ( $d_i$ ). Observa la característica de la imagen y regístrala en la siguiente tabla:

Intervalo	$d_o$	$d_i$	Características
$d_o > 2F$			
$d_o = 2F$			
$F < d_o < 2F$			
$d_o = F$			
$d_o < F$			

**Reflexiones:**

1. ¿Puede ser que la imagen sea más grande que el objeto?
2. ¿Será posible obtener una imagen derecha?

**C) Investigación**

1. Desde el punto de vista teórico, ¿crees que se pueden conocer los datos de las tablas? Explica tu respuesta.

2. ¿Qué característica tienen una imagen virtual y una imagen real?

3. ¿Cuáles son las leyes de la refracción de la luz?

4. ¿Cuáles son las leyes de la reflexión de la luz?

5. ¿Qué tipo de lentes se conocen?

6. ¿Qué tipos de espejos esféricos se conocen?

7. ¿Por qué en un telescopio la imagen que se observa, se encuentra a la distancia focal?

8. ¿Cómo funciona un telescopio de refracción (tipo galileano)?

9. ¿Cómo funciona un telescopio de reflexión (tipo newtoniano)?

**Referencias:**

- Tippens, P., Física conceptos y aplicaciones, Mc Graw Hill, México, 2001.
- Wilson, J., Física, Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1996.