

Divulgación de la máquina de vapor de James Watt mediante  
un taller educativo en la Biblioteca Pública La Giralda de la  
ciudad de Bogotá

Jorge Iván Melo Monroy

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
Bogotá-Colombia  
2016

Divulgación de la máquina de vapor de James Watt mediante  
un taller educativo en la Biblioteca Pública La Giralda de la  
ciudad de Bogotá

Trabajo presentado como requisito parcial para optar por el  
título de  
Licenciado en Física

Jorge Iván Melo Monroy

Directora:  
María Cristina Cifuentes Arcila

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
Bogotá-Colombia  
2016

## NOTAS DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma del director María Cristina Cifuentes Arcila

---

Firma de evaluador

---

Firma de evaluador

Bogotá, noviembre de 2016

## RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Divulgación de la máquina de vapor de James Watt mediante un taller educativo en la Biblioteca Pública La Giralda de la ciudad de Bogotá
Autor(es)	Melo Monroy Jorge Iván
Director	María Cristina Cifuentes Arcila
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 92 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	MÁQUINA DE VAPOR, DIVULGACIÓN CIENTÍFICA, JAMES WATT, MÁQUINA TÉRMICA, BIBLIOTECA PUBLICA LA GIRALDA, TALLER, EXPERIENCIAS, TRABAJO GRUPAL, INTERACCIÓN CON OBJETOS

### 1. Descripción

El trabajo realizado documenta el proceso de diseño, construcción, puesta en marcha y evaluación de un taller de divulgación de algunas máquinas de vapor, principalmente la de James Watt, en la Biblioteca Pública la Giralda de la ciudad de Bogotá.

### 2. Fuentes

Amengual, R. (2007). *Bielas y álabes 1826-1914*. Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas.

Aguado, L. (2001). Aprendizaje y memoria. (M. Gadea, & L. Pérez, Edits.) *Revista de neurología*, 373-381.

Amengual, R. (2007). *Bielas y álabes 1826-1914*. Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas.

Ander Egg, E. (1999). *El taller: una alternativa de renovación pedagógica*. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.

Azar, S. (2014). Primer estadi: El cuerpo como instrumento vincular. En P. Sarlé, E. Ivaldi, & L. Hernández, *Arte educación y primera infancia: sentidos y experiencias* (págs. 49-51). Madrid España: OEI.

Barragan, M. (2015). *La educación sensorial en el aula infantil*. Valladolid: Universidad de Valladolid facultad de educación y trabajo social.

Blas, t. m. (Octubre de 2014). *acer.forestales*. Recuperado el 5 de octubre de 2016, de [acer.forestales: http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo1p/variables.html](http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo1p/variables.html)

Calvo, M. (2006). *www.acta.es*. Recuperado el 23 de agosto de 2015, de [www.acta.es](http://www.acta.es):

## RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

[http://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion\\_e\\_informacion/040099.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/040099.pdf)

Candelo Reina, C., Garcia Ortiz, A., & Unger, B. (2003). *Hacer talleres una guía práctica para capacitadores*. Cali: WWF Colombia.

Federación de enseñanza de CC.OO de Andalucía. (Mayo de 2010). Herón de Alejandría. Un gran tecnólogo en la historia de la humanidad. *Temas para la educación*, 1-7.

Foladori, M. G. (2015). Divulgación de Ciencia y Tecnología: los límites del enfoque técnico en las nanotecnologías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 508-519.

Gay, A., & Dovis, S. (2006). *Máquina de vapor*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Jaramillo, O. (2008). *Notas del curso de termodinámica para ingenieros*. Temixco: Coordinación de Concentración Solar Privada Xochicalco S/N.

Levenspiel, O. (1997). *Fundamentos de termodinámica*. Tijuana: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. .

Lopez Aguilar, N. G. (2010). El aburrimiento en clases. *Procesos Psicológicos y Sociales*, 1-43.

Moreno Gomez, E., Gomez Diaz, J., & Refolio Refolio, C. (2014). Análisis termodinámico de un diseño conceptual de máquina de vapor debida a Papin. *Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula*, 7-30.

Moreno Gómez, E., Gómez Díaz, J., Refolio Refolio, C., & López Sancho, J. (2014). Construcción y estudio de una máquina de vapor sin partes móviles. *CSIC*, 31-44.

Paredes, S. F. (2015). *Análisis termodinámico de los ciclos de Rankine (Tesis de pregrado)*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Pasternak, V. (Dirección). (2010). *The invention of love* [Película].

Pliego, N. (2011). El aprendizaje cooperativo y sus ventajas en la educación intercultural. *Hekademos*, 63-76.

Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 91-117.

Suárez, M. J. (2011). Estudio del impacto de los conceptos fundamentales de la termodinámica en el desarrollo de la máquina térmica y el surgimiento de la revolución industrial (Tesis de maestría). Medellín: Universidad nacional de Colombia sede Medellín.

Suriá, R. (noviembre de 2010). *docplayer.es*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de [docplayer.es](http://docplayer.es/14363215-Psicologia-social-sociologia-curso-2010-11-raquel-suria.html): <http://docplayer.es/14363215-Psicologia-social-sociologia-curso-2010-11-raquel-suria.html>

Tapia, A. (2005). Motivación para el aprendizaje: La perspectiva de los alumnos. *Ministerio de Educación*

## RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

y *Ciencia* (2005). *La orientación escolar en centros educativos.*, 209-242.

Thurston, R. H. (1878). *A history of the growth of the steam-engine*. New York: D Appleton and company .

Weitzel, P., & Tanzosh, J. (2010). *asmedigitalcollection*. (K. Rao, Editor) Recuperado el 12 de octubre de 2016, de <http://ebooks.asmedigitalcollection.asme.org/content.aspx?bookid=312&sectionid=38782261>

### 3. Contenidos

El presente trabajo se desarrolla en cinco capítulos, el primero de ellos presenta el tema de cómo la divulgación es un proceso educativo significativo en el desarrollo social y cultural. En relación a ello se presenta y justifica el problema de investigación y se plantean los objetivos de la investigación.

El segundo capítulo aborda los elementos referentes a la máquina de vapor de James Watt para ello se sitúa cómo un desarrollo posterior a una serie de máquinas precedentes, se describen las características particulares de esta máquina y se realiza una explicación a nivel físico de su funcionamiento

El tercer capítulo muestra todos los elementos referentes al taller como lo son: los aspectos que se tuvieron en cuenta para el diseño, en que consiste, y las actividades que lo componen.

El cuarto capítulo da cuenta de la implementación y sistematización de la actividad. Lo anterior se realiza inicialmente dando una descripción del escenario y el público al que se enfocó el taller, luego de esto se narra la puesta en marcha y evaluación, y finalmente se realiza una reflexión a manera de síntesis de la actividad.

El último capítulo contiene las conclusiones del trabajo y una serie de recomendaciones que se brindan al lector para que tenga presentes al momento de acercarse a una actividad similar a la descrita en el documento

### 4. Metodología

El proceso de investigación se realizó con base en la metodología ADDIE en la cual me base. Dicha metodología consiste en:

Análisis del entorno y los contenidos lo cual desembocara en la descripción de una situación y sus necesidades formativas.

Diseño. Se desarrolla un programa del curso deteniéndose especialmente en el enfoque pedagógico y en el modo de secuenciar y organizar el contenido.

Desarrollo. La creación real (producción) de los contenidos y materiales de aprendizaje basados en la fase de diseño.

Implementación. Ejecución y puesta en práctica de la acción formativa con la participación de los alumnos.

Evaluación. Esta fase consiste en llevar a cabo la evaluación formativa de cada una de las etapas del proceso ADDIE y la evaluación sumativa a través de pruebas específicas para analizar los resultados de la acción formativa.

## RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

La manera como se evidencia esta metodología en el documento es con el análisis del tema de investigación en el capítulo 1. En el capítulo 2 se haya el fundamento teórico correspondiente al análisis. El capítulo 3 cuenta con la información correspondiente al diseño y desarrollo de la actividad. En el capítulo 4 es documentado el proceso de implementación en la biblioteca La Giralda y la información obtenida con él. Finalmente en el capítulo 5 se hallan las conclusiones alcanzadas

### 5. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas en el documento elaborado son las siguientes:

- El taller busca mantener la motivación y el interés de los participantes en mayor medida que generarlo, ya que al ser una actividad divulgativa que debe ser realizada en un espacio determinado las personas generalmente serán quienes se dirijan al espacio por sus propios motivos.
- Aunque con el taller los participantes puedan conocer nociones físicas relacionadas a las máquinas de vapor y utilizarlas en su vocabulario con expresiones como “el vapor se expande cuando se calienta” esto no significa que los participantes hayan comprendido perfectamente dichas nociones, sino que han conocido un escenario para el cual sus afirmaciones se cumplen, por lo cual el taller se enfoca en mostrar en mostrar experiencias novedosas que sirvan de base para la construcción del conocimiento de los participantes.
- En esta clase de talleres las actividades grupales enriquecen las habilidades individuales y permiten desarrollar cooperación entre los individuos, como lo fue el caso de los participantes que ayudaron a sus compañeros a finalizar sus barcos pop pop.
- La construcción de una máquina de vapor por parte de los participantes es la mejor manera de que ellos evidencien por que dichas máquinas fueron relevantes. Además es la forma predilecta para generar interés en la ejecución del taller lo cual atribuyo en gran medida a la interacción con los objetos materiales que implica
- Es posible introducir información con carga teórica en este tipo de actividades de divulgación sin que los participantes pierdan su interés pero para ello hay que permitirles ser activos y mostrar que sus opiniones y puntos de vista son tomados en cuenta
- La información que se obtenga de los participantes en momentos como su presentación debe ser tomada en cuenta y utilizada para la organización de las actividades. Lo anterior implica que este tipo de actividades se caracteriza por tener que tomar decisiones sobre la puesta en marcha pensando en los intereses y actitudes de los asistentes.
- La evaluación o reflexión sobre estas actividades no se realiza únicamente cuando ellas ya ha finalizado sino que debido a la facilidad con que este tipo de actividad tienen impacto en las poblaciones en las que se realizan se puede hacer también durante las mismas sesiones de las actividades analizando por ejemplo los momentos de recapitulación y síntesis que realicen los participantes para conocer qué es lo que más les llamo la atención y estar al tanto de como interpretaron la información con la que se trabajó.

<b>Elaborado por:</b>	Jorge Iván Melo Monroy
<b>Revisado por:</b>	María Cristina Cifuentes Arcila

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	25	11	2016
--	----	----	------

# Tabla de contenido

<b><u>1 ASPECTOS PRELIMINARES.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
<b><u>2 LA MÁQUINA DE VAPOR DE JAMES WATT .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
2.1 DESARROLLO HISTÓRICO Y DISEÑO DE LA MÁQUINA DE VAPOR DE JAMES WATT.....	5
2.1.1 LA MÁQUINA DE VAPOR EN LA CULTURA GRIEGA.....	5
2.1.2 LA MÁQUINA DE VAPOR EN ESPAÑA .....	7
2.1.3 CONSOLIDACIÓN DE LA MÁQUINA DE VAPOR DESDE SOMERSET HASTA NEWCOMEN.....	9
2.2 LA MÁQUINA DE JAMES WATT.....	13
2.2.1 EXPLICACIÓN FÍSICA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE VAPOR .....	16
<b><u>3 TALLER DE DIVULGACIÓN DE LA MÁQUINA DE JAMES WATT .....</u></b>	<b><u>22</u></b>
3.1 ELEMENTOS QUE GUIARON EL DISEÑO DEL TALLER.....	22
3.2 SESIONES DEL TALLER.....	23
3.2.1 QUE ES EL TALLER (VER ANEXO A) .....	24
3.2.2 ACTIVIDAD 1: DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MÁQUINA (VER ANEXO B) .....	24
3.2.3 ACTIVIDAD 2: CONSTRUCCIÓN DE UN BARCO DE VAPOR (VER ANEXO C).....	26
3.2.4 ACTIVIDAD 3: IMPACTO DE LA MÁQUINA EN LA CIENCIA (VER ANEXO D).....	27
3.2.5 ACTIVIDAD 4: NOSOTROS ENTRE MÁQUINAS (VER ANEXO E).....	28
<b><u>4 REFLEXIÓN SOBRE LA PUESTA EN MARCHA DEL TALLER.....</u></b>	<b><u>30</u></b>
4.1 IMPLEMENTACION DE LA ACTIVIDAD CON LOS NIÑOS DE LA BIBLIOTECA LA GIRALDA.....	30
4.1.1 EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD NOSOTROS ENTRE MÁQUINAS .....	31
4.1.2 EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD CONSTRUCCIÓN DE UN BARCO DE VAPOR.....	35
4.1.3 EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD LAS MÁQUINAS PREVIAS A LA DE WATT .....	40
4.1.4 REFLEXIÓN FINAL, A MANERA DE SÍNTESIS .....	44
<b><u>5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>46</u></b>
5.1 CONCLUSIONES .....	46
5.2 RECOMENDACIONES .....	47
<b><u>6 BIBLIOGRAFÍA.....</u></b>	<b><u>48</u></b>



# Introducción

En este trabajo se documenta el proceso de diseño, construcción, puesta en marcha y evaluación de un taller de divulgación de algunas máquinas de vapor, principalmente la de James Watt, en la Biblioteca Pública la Giralda de la ciudad de Bogotá. Un taller orientado a la generación de interés por las ciencias y la tecnología en la población asistente a la biblioteca, y la complementación de sus procesos de aprendizaje en los contextos de educación convencional.

Para orientar dicho proceso se adoptó la perspectiva de la divulgación de las ciencias y la tecnología como una modalidad de comunicación dedicada a acercar temas científico-tecnológicos a personas no expertas, que exige de procesos de recontextualización, esto es, procesos de selección, adaptación, acomodación y reelaboración de los conocimientos producidos en el seno de las comunidades científicas y tecnológicas para unas comunidades diferentes, y con una intensión social diferente, como lo es el público general.

Adicionalmente, dicho procesos se fundamentó en dos pilares: la inclusión de actividades prácticas para fomentar la construcción de conocimiento a partir de la interacción con objetos materiales, y el desarrollo de trabajos en grupo para la construcción de maneras de pensar, sentir y actuar a partir de la interacción con otros. También se nutrió de la revisión del desarrollo histórico de las máquinas de vapor: desde Herón de Alejandría hasta James Watt, y de la construcción de una explicación del funcionamiento de la máquina de vapor de James Watt a partir de las ideas teóricas de la termodinámica clásica.

El taller desarrollado y puesto en marcha se estructuró a través de tres actividades que contienen labores de reconocimiento, descripción, elaboración, análisis y contextualización de una máquina de vapor. La actividad uno denominada “*Nosotros entre máquinas*” tuvo como objetivo dar a conocer cómo son vistas las máquinas de vapor en la actualidad. La actividad dos llamada “*Construcción de un barco de vapor*” se orientó a la construcción de una máquina de vapor sencilla: el barco “*Pop pop,*” la actividad tres

titulada “Las máquinas previas a la de Watt” permitió mostrar el uso del vapor de agua en diversas máquinas antiguas.

El taller se puso en marcha los días sábados 17 y 24 de septiembre y los días 1 y 8 de octubre de 2016, en el horario de 11:10 am a 12:15 pm, en el contexto de las actividades que ofrece la biblioteca para que los niños, las niñas y jóvenes puedan emplear su tiempo libre. Específicamente, los participantes del taller fueron niños y niñas con edades entre 7 y 13 años.

La reflexión sobre la puesta en marcha permitió concluir, entre otras cosas, que este taller fue significativo para los participantes en la medida que les permitió ampliar su campo de experiencia a través de la construcción de objetos concretos, como por ejemplo el barco “*Pop pop*”, y compartir sus experiencias con otros, para enriquecerlas, a través del trabajo grupal.

En consecuencia con lo expuesto, el presente documento está organizado a través de seis capítulos. En el primero, se señala el problema de investigación y los objetivos de la misma. En el segundo, se presenta el desarrollo histórico de algunas de las máquinas de vapor desde Herón de Alejandría hasta James Watt, haciendo énfasis en las características de la máquina de Watt, y en la construcción de una explicación de la misma a partir de las ideas teóricas de la termodinámica clásica. En el tercero, se discuten algunos de los fundamentos pedagógicos y didácticos que orientaron el diseño del taller, y se describe de manera general cada una de las actividades que lo estructuran. En el capítulo cuarto, se narra la puesta en marcha del taller en la biblioteca y se reflexiona sobre dicho proceso con el fin de enriquecerlo. Finalmente el capítulo quinto expone las conclusiones y recomendaciones que se derivan.

Vale la pena aclarar que por cuestiones de la extensión de este documento la presentación extensa del taller se recoge en los anexos del A al D.

# **1 ASPECTOS PRELIMINARES**

En este primer capítulo presento y discuto el tema de cómo la divulgación es un proceso educativo significativo en el desarrollo social y cultural. En relación a ello presento y justifico el problema de investigación (sección 1.1), y planteo los objetivos de la investigación (sección 1.2).

## **1.1 Problema de investigación y justificación**

En la actualidad el desarrollo científico y tecnológico, y su correspondiente conocimiento, implican una mejor calidad de vida para una sociedad, más específicamente para sus individuos. Esto debido a que poseer conocimientos sobre la ciencia y la tecnología permite comprender mejor el entorno de cada individuo. Por este motivo, como lo mencionan Niedo y Macedo (1997), es fundamental que las comunidades posean una cultura científica y tecnológica.

Buscando que el conocimiento científico y tecnológico sea de dominio público, casi todas las sociedades modernas han establecido como una de las finalidades de sus sistemas educativos el propiciar una cultura científica y tecnológica. Por esta razón, se ha integrado la enseñanza de las ciencias y la tecnología en la enseñanza obligatoria. Aun así, muchas sociedades no logran tener a su disposición todos los avances tanto científicos como tecnológicos, ni ayudar a sus ciudadanos a comprender con detalle cada uno de ellos, pues esto no es algo que se pueda adaptar a la enseñanza obligatoria debido a la extensión que implicaría, ya que sería un agregado a los currículos que de por sí en diversas ocasiones no logran ser desarrollados completamente en las instituciones formales.

En aras de brindar un apoyo al sistema educativo, como proceso de educación simultáneo a la educación convencional, emergen los procesos de divulgación de las ciencias. La

divulgación, la cual profundizaré más adelante en este documento, tiene como fin mantener a la sociedad al tanto de los avances científicos y tecnológicos, buscando que se eliminen mitos, se aclare el enfoque característico de cada teoría o tecnología, se muestre la utilidad de cada uno y se adopten los desarrollos científicos y tecnológicos más convenientes para cada contexto, en aras de lograr una mejor calidad de vida y de crear un pensamiento crítico, que permita a los ciudadanos participar activamente en la toma de decisiones, que involucren el uso de desarrollos tecnológicos y científicos en sus sociedades (Calvo, 2006).

La divulgación científica como lo indica Calvo (2006) resulta difícil de definir, pues es un concepto que encierra variedad y complejidad; no obstante, es una forma alternativa de presentar el conocimiento científico y tecnológico al público en general, suficientemente centrada para brindarles información general, pero no lo bastante como volverlos expertos. Quiñones define la divulgación así:

La divulgación de la ciencia y la tecnología consiste en un proceso que busca difundir entre las audiencias, al emplear o no los medios de comunicación social, el trabajo científico-técnico-tecnológico a través de mensajes –impresos, audiovisuales y digitales- y empleando un lenguaje claro y conciso. Este proceso se promueve a través de los medios masivos o interpersonales, como ferias y museos, con fines culturales y tiene la condición de hacerse fuera de los espacios escolares. (pág. 2)

Esta definición recoge, en gran medida, algunos de los objetivos, características y medios de la divulgación.

Aunque la divulgación tenga sus metas e intereses, y pueda ser utilizada para apoyar los procesos de educación formal, es ambiguo y difícil determinar o saber cuándo se está efectuando “correctamente”. Una de las dificultades para desarrollar procesos de divulgación tiene su origen en la falta de protocolos y/o procedimientos establecidos y/o validados para orientar dichos procesos. Por ejemplo, aunque se pueden utilizar diferentes escenarios para la divulgación (medios masivos de comunicación, ferias, museos, bibliotecas etc.), se requiere de una preparación, adecuación y desarrollo diferenciado en cada uno de ellos.

En consecuencia, el campo de la divulgación es un territorio de investigación promisorio en el cual los profesores, en formación o en ejercicio, podemos hacer valiosas contribuciones. *¿Qué aspectos de las ciencias y la tecnología se deben priorizar en los procesos de divulgación? ¿Qué aspectos de las ciencias y la tecnología se puede divulgar a través de escenarios no convencionales? ¿Cómo orientar los procesos de divulgación en diferentes escenarios no convencionales de educación (medios masivos de comunicación, ferias, museos, bibliotecas etc.)?* Estas son algunas preguntas abiertas para el debate en este campo.

Estas preguntas son muy amplias y complejas, y además no tienen una única respuesta. Sin embargo, se puede contribuir a través de la construcción, puesta en marcha y evaluación crítica de propuestas de divulgación de aspectos puntuales de las ciencias y la tecnología, coherentes con las singularidades de los diferentes escenarios de educación convencionales. Por esta razón, el objetivo de este trabajo de grado es **construir, poner en marcha y evaluar un taller de divulgación de la máquina de Vapor de James Watt en la biblioteca Pública La Giralda**, que es uno de los escenarios de educación no convencional de la ciudad de Bogotá D.C. Para situar con mayor detalle este objetivo es importante hacer tres precisiones.

Primera. De la diversidad de estrategias para la divulgación de las ciencias en escenarios no convencionales que se podrían seleccionar, se adoptó el taller dado que permite al público asistente tener contacto directo con quien realiza la actividad divulgativa (profesor en formación), desempeñar un papel activo dentro de la misma y compartir experiencias con otros participantes a través del trabajo grupal.

Segunda. De la gran variedad de aspectos de las ciencias y la tecnología que se puede divulgar a través de escenarios no convencionales, se seleccionó la Máquina de James Watt, porque es uno de los mayores exponentes del desarrollo científico y tecnológico del siglo XVIII, que en su momento tuvo un impacto profundo en la sociedad, de allí que brinde la posibilidad para divulgar las complejas relaciones ciencia, tecnología y sociedad. Adicionalmente, se seleccionó esta máquina porque su desarrollo histórico posibilitó la consolidación de algunos de los conceptos medulares de los que hoy conocemos como

termodinámica, por lo que se muestra como una ruta alternativa para la divulgación de conceptos como presión, volumen, temperatura, calor y trabajo.

Tercera. El escenario no convencional para el cual se construye la propuesta de divulgación es la biblioteca Pública *La Giralda de la ciudad de Bogotá*, porque es un claro ejemplo de los espacios en los cuáles se pueden llevar a cabo este tipo de actividades, al no ser un escenario construido meramente con fines de divulgación pero que aun así abrió las puertas a la implementación de la actividad. De esta manera, surge como pregunta conductora de la presente investigación la siguiente:

*¿Qué características debe tener un taller de divulgación de la Máquina de Vapor de James Watt para el público asistente a la biblioteca Pública La Giralda de la ciudad de Bogotá?*

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Construir, poner en marcha y evaluar un taller de divulgación de la máquina de Vapor de James Watt en la biblioteca Pública La Giralda

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Fundamentar el diseño del taller con base en el análisis de la literatura sobre: los conocimientos científicos desde los cuales se puede explicar el funcionamiento de la máquina de vapor de James Watt, la divulgación de la ciencia y la tecnología y la actividad experimental en la enseñanza de la física.
- b) Diseñar las actividades que estructuraran el taller, y su respectiva secuencia, atendiendo a los procesos de fundamentación.
- c) Establecer, y en los casos necesarios construir, los insumos necesarios para la ejecución del taller
- D) Cualificar el taller a partir de su implementación en un escenario no convencional de educación

## **2 LA MÁQUINA DE VAPOR DE JAMES WATT**

### **2.1 Desarrollo histórico y diseño de la máquina de vapor de James Watt**

En el siglo XVIII James Watt logro construir una máquina que funcionaba aprovechando el vapor de agua, lo cual tuvo una gran influencia para el desarrollo de la denominada revolución industria. La máquina de vapor de James Watt no fue la primera máquina que usara el vapor como fuente de energía, ni tampoco la primera en usar dicha fuente de energía para la obtención de un trabajo. Grosso modo, las máquinas de vapor previas a la de Watt se fundamentaban en el mismo principio: aprovechaban las propiedades del vapor, con el cambio de temperatura, para generar alguna aplicación, principalmente motriz. Lo que diferencia la máquina de Watt de las de sus antecesores es su eficiencia. Con esta máquina se aumentó la eficiencia enormemente con respecto a su predecesora, permitiendo obtener un mayor trabajo con una menor cantidad de calor.

La máquina de vapor de Watt tiene un diseño bastante elaborado y refinado, por esta razón un análisis de las máquinas de vapor previas nos ayudará a entenderla. Antes de iniciar a describir las diversas construcciones que llevaron al diseño de la máquina de Watt para poder realizar su descripción, he de aclarar que en diversos documentos no se utiliza solamente el termino de máquina de vapor, sino que además se consideran los conceptos de máquina térmica o máquina de fuego, los cuales para los efectos del estudio consideraré de la misma manera.

#### **2.1.1 La máquina de vapor en la cultura griega**

Para iniciar el recorrido de máquinas que usaron el vapor como fuente de energía es necesario remitirnos a la cultura griega de donde se poseen los primeros registros de elaboraciones con estas características. Después dela caída del imperio romano se menguó bastante el estudio de la ciencia en Grecia, no obstante, todavía aparecía uno que otro genio con algunos aportes bastante notorios. Uno de esos genios fue Herón de Alejandría (10 d.C. - 70 d.C.) quien realizó diversos aportes relacionados con la mecánica basándose a menudo

en un inventor griego llamado Ctesibios; y junto con Phylo el Bizantino y Arquímedes de Siracusa propuso diferentes máquinas térmicas en su obra “Pneumática”<sup>1</sup>.

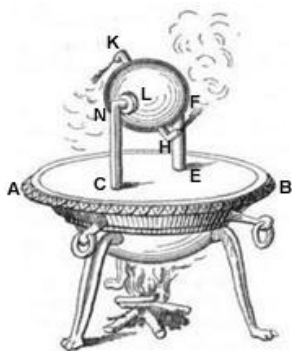


Figura 2-1: Representación de la Eolípila conocida como el primer motor de la historia (Imagen: tomada de (Suárez, 2011))

Las obras de Herón tuvieron un gran carácter científico al realizar numerosos tratados de mecánica, eso se puede evidenciar en “la dioptra” donde describe aparatos similares al teodolito y al odómetro, y en la descripción que realiza del hídralis de Ctesibios (un órgano que funcionaba con agua). No obstante Herón se destaca principalmente como tecnólogo, esto lo resalta la Federación de enseñanza de CC.OO de Andalucía, (2010) al mencionar que su mayor logro es la invención de la primera máquina de vapor de la que se tengan registros, conocida como la Eolípila

La Eolípila mostrada en la **Figura 2-1**, consiste en una esfera metálica (L) alimentada con vapor a presión por medio de dos pivotes (N y F); estos pivotes están dispuestos a sus costados y conectados en su otro extremo con una caldera donde se calienta el agua, la cual se convertirá en vapor (C y E). La esfera además tiene dos tubos en forma de L (K y H) en sentido contrario uno con respecto al otro, por dichos tubos sale el vapor luego de haber estado en el interior de la esfera de metal. Esto le proporciona un impulso para que gire comportándose como una turbina; lo cual convierte a la Eolípila en el primer motor conocido de la historia.

Además de la Eolípila, en la Pneumática se muestran otros diseños de máquinas que funcionan con vapor o con presión de aire (en el Anexo F se podrán evidenciar los gráficos correspondientes a las máquinas que se mencionan a continuación). Un diseño da la

---

<sup>1</sup> (Suárez, 2011) nos remite a la página <http://www.egiptomania.com/ciencia/pneumatica.htm> donde se puede ver una reseña de la obra de Herón y se describen los artefactos a los que hago referencia.



impresión de *“Libaciones en un altar producidas por el fuego”*, este consiste en dos estatuas conectadas a un pedestal que parecen ofrecer libaciones cuando alguien enciende la llama del pedestal. Otra muestra como *“las puertas del templo se abren por el fuego en el altar”*, conocido como el templo de Herón consiste en dos puertas que se abren al encender una ofrenda; el fuego de la ofrenda calienta el aire encerrado en un recipiente con agua para que, con ayuda de un contrapeso, giren los ejes de las puertas haciendo que estas se habrán, al apagarse la ofrenda el aire se enfría nuevamente y las puertas vuelven a cerrarse. Un tercer montaje es *“un chorro de vapor que sostiene una esfera”*, en el cual el vapor saliente de una caldera, hace levitar una esfera situada en el tubo que permite la salida del vapor, lo que consiste en un sistema de propulsión a chorro; y *“El baile de las figuras mediante el fuego en el altar”* es un artefacto que aprovecha un chorro de aire caliente para mover una serie de figuras haciéndolas simular un baile.

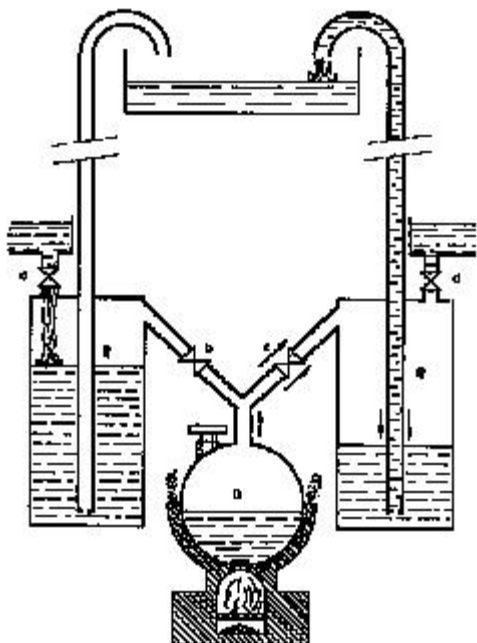
### **2.1.2 La máquina de vapor en España**

Si bien con Herón de Alejandría ya se había conseguido un primer motor a base de vapor, este concepto fue dejado de lado durante aproximadamente 1500 años. Uno de los motivos que llevaron a dejar de lado la tecnología base de vapor fue el inicio de la época medieval. No fue sino hasta el siglo XVI que se volvió a apreciar la utilidad del vapor, esto se hace evidente cuando se propone el uso de una especie de cañón de vapor, En la publicación del documento *“Los veintidós libros de los ingenios y de las máquinas”*, elaborado por Pedro Juan de Lastanosa (1527-1576). En donde se señalan diversos temas centrados principalmente en la ingeniería hidráulica, además.

Posterior a Pedro Juan de Lastanosa, Juan de Escrivá tradujo al italiano, en el año de 1606, el *“De Pneumaticorum libri III”* escrito en 1601 por Giovanni Battista della Porta. Dicha traducción inspiró a Escrivá para el diseño de un mecanismo que permitía elevar agua utilizando la fuerza expansiva del vapor: una bomba hidráulica a vapor.

El desarrollo de la máquina de vapor que tuvo lugar en España llega a su apogeo con Jerónimo de Ayanz y Beaumont (1553-1613), quien es el primero en obtener una patente por una máquina térmica. Esta patente fue otorgada en septiembre de 1606 por el rey Felipe

III, a través de una cedula de privilegio real que le permitía disfrutar del derecho exclusivo de su máquina térmica entre otras 50 invenciones (Amengual, 2007).



**Figura 2-2:** Máquina de vapor diseñada por con Jerónimo de Ayanz y Beaumont registrada como la primera máquina de vapor con una patente (Imagen: tomada de <http://www.cornisa.net/tag/jeronimo-de-ayanz>)

La máquina en cuestión es descrita como una caldera de cobre esférica (véase Figura 2-2), llena de agua hasta más de la mitad de su volumen y ubicada sobre un hornillo semiesférico. El agua que se quería elevar se conducía por gravedad mediante sendas válvulas anti retorno, (a) y (d), a dos depósitos de paredes gruesas. El vapor de la caldera (D) llegaba alternativamente a estos depósitos mediante las válvulas (b) y (c). Al acceder el vapor a cada uno de estos depósitos, se conseguía elevar una cantidad determinada de agua por la presión alcanzada al cerrar las válvulas anti retorno. Este proceso podía regularse de forma continua, abriendo y cerrando las válvulas (b) y (c) de forma adecuada.

Se cree que el trabajo de Ayans no fue muy conocido debido a que las condiciones de su país natal, por aquellas épocas, no permitieron una gran interacción comercial. Sumado a esto Ayans, cuya inspiración para el desarrollo de la máquina fue el trabajo practico en las minas, debido al nombramiento de Administrador General de las Minas del Reino otorgado por el rey, no consiguió el apoyo para explotar las minas del nuevo continente lo que lo hizo dejar de lado la administración de las minas del reino y con ella sus posibilidades de emplear su máquina de una manera evidente.

### 2.1.3 Consolidación de la máquina de vapor desde Somerset hasta Newcomen

En 1663 y debido al desconocimiento de Ayans, se muestra como inventada la primera máquina de vapor, la elaborada por Edward Somerset marques de Worcester (1601-1667). Esta máquina contaba con la utilidad de elevar el agua a los niveles superiores de las construcciones o de las minas. Aquí se concibe una máquina de vapor de dos tiempos. Esta, al enfriarse el vapor contenido en una cámara succiona el agua a elevar siendo este el primer tiempo y posteriormente se drena el agua de la cámara y se ingresa vapor nuevamente siendo este el segundo.



figura 2-3: Motor de embolo diseñado por Christian Huygens (Imagen: tomada de (Moreno Gomez, Gomez Diaz, & Refolio Refolio, 2014, pág. 21))

Un paso importante para la consolidación de la máquina de vapor es el invento de Christian Huygens (1629-1695) de una máquina considerada como el primer motor de embolo (figura 2-3). Esta máquina, aunque puede ser considerada una máquina térmica no es en realidad una máquina que funcionara con vapor. La máquina de Huygens utilizaba pólvora, la cual se disponía en la base de un cilindro de metal bajo un embolo; al hacer explotar la pólvora, el embolo se mueve a la parte superior del cilindro; al llegar el embolo al punto superior descubre dos orificios a los costados del cilindro, que permiten la salida de los gases generados en la explosión.

No obstante el desarrollo de ese motor de embolo no puede ser atribuido únicamente a Huygens. Dennis Papín (1647-1712) como ayudante de Huygens fue el encargado de construir y experimentar con la máquina. Debido al entusiasmo que le creó dicho motor, Papín se trasladó a Londres con el fin de construir una máquina mejorada, pensando en la sustitución de la pólvora por el vapor de agua.

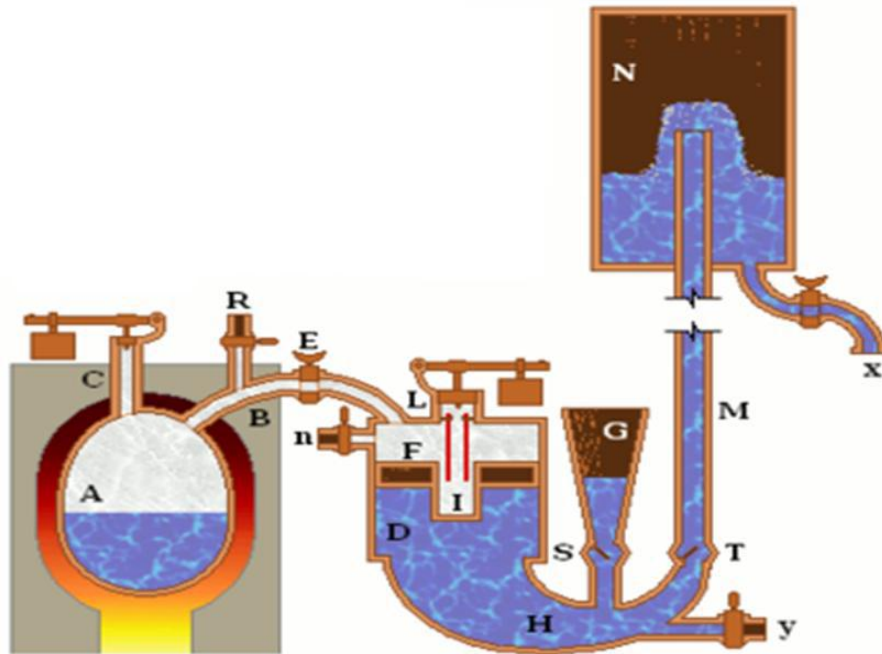


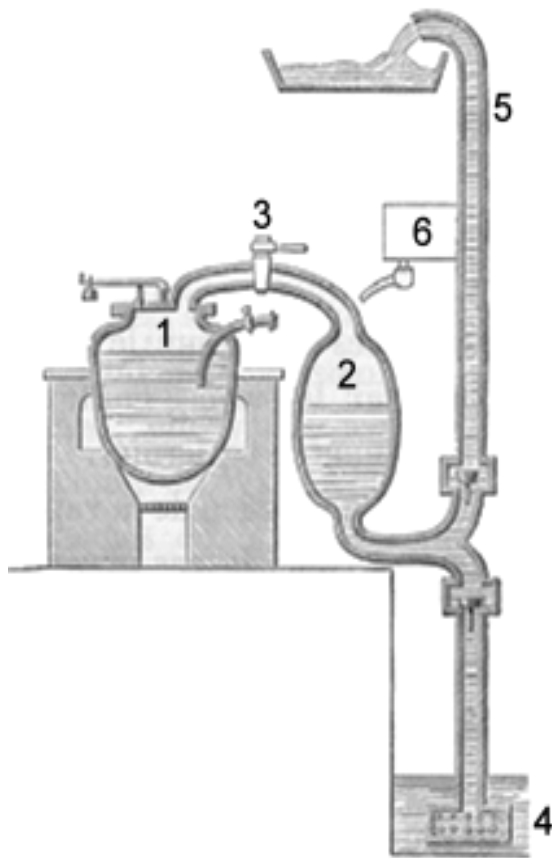
figura 2-4: Máquina de vapor diseñada por Denis papín (Imagen: tomada de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Denis\\_Papin#/media/File:M%C3%A1quina\\_de\\_vapor\\_\(Papin,\\_1707\).png](https://es.wikipedia.org/wiki/Denis_Papin#/media/File:M%C3%A1quina_de_vapor_(Papin,_1707).png))

Papín una vez trasladado a Londres como lo documentan Moreno, Gómez y Refolio (2014) trabajó para Robert Hooke (1635-1703), conocido por trabajos en la elasticidad. Trabajando en Londres Papín estudia la relación entre temperatura de ebullición y presión. Papín logra utilizar el agua líquida y transformarla en vapor para reemplazar la pólvora. La aplicación de este diseño la realizó al construir una embarcación con rueda de paletas en Kassel (Alemania), que podía transportar hasta dos toneladas (el modelo interno de la máquina se muestra en la figura 2-4).

Desafortunadamente esto no fue del agrado de los transportadores de la época que lo hicieron arrestar. Poco después en la noche del 25 de septiembre de 1707, como lo documenta Thurston (1878), su embarcación fue incinerada quedando solo sus ideas como apoyo a científicos posteriores. Los inventos de Papín además no tienen registros de haber sido patentados, lo que guía a algunos a creer que nunca salieron de su laboratorio por no superar las dificultades técnicas.

El siguiente paso crucial en el desarrollo de la máquina de vapor fue llevado a cabo por el inglés Thomas Savery (1650-1705), quien el 25 de julio de 1698 patentó una máquina para extraer agua de las minas, a la cual le elaboró un libro explicativo que describe sus partes y funcionamiento llamado *The Miner's Friend* publicado en 1702. La máquina de Savery fue tomada como la primera máquina capaz de suplir las necesidades correspondientes al achicamiento de agua y su elevación a plantas altas en Inglaterra. La máquina que se puede apreciar en la

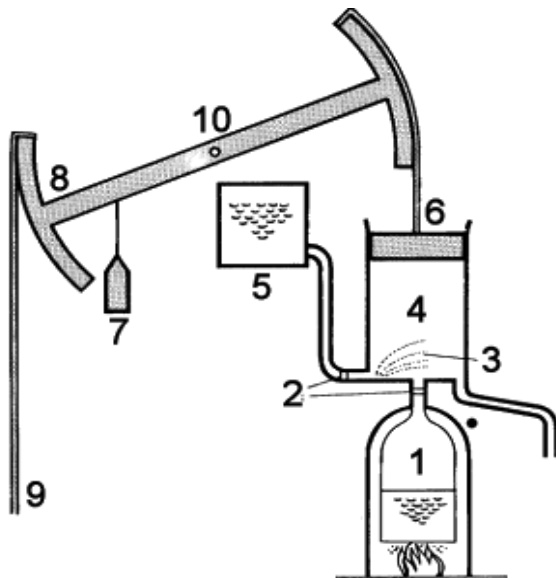
figura 2-5 constaba de las siguientes partes:



(1) recipiente con agua hirviendo, 2) recipiente con agua fría, 3) válvula de presión 4) colector de agua 5) Tubo hacia el exterior protegido con una válvula antirretorno 6) Espita para rellenar agua en la caldera. El funcionamiento de la máquina se desarrolla cuando se hace hervir el agua en la caldera 1, esto hace que, al generarse cierta presión, la válvula 3 se abra empujando además el agua del recipiente 2; una vez ocurre esto el agua inicia a ascender por el tubo 5 lo que hace disminuir la presión por lo cual la válvula 3 se cierra nuevamente generando un vacío, el cual hace que el agua del colector 4 sea absorbida por el recipiente dos. a lo largo del tubo 5 se pueden apreciar dos válvulas las cuales al ser abiertas o cerradas permitían o impedían respectivamente el paso del

figura 2-5: Máquina de vapor creada por Thomas Savery para la extracción de agua de las minas (Imagen: tomada de: <http://2014-quinto.blogspot.com.co/p/la-máquina-vapor.html>)

agua por determinada sección del tubo.



El último aporte que he de mencionar relacionado con la elaboración de la máquina de vapor, previo a la aparición de los ingenios de James Watt, es la máquina de Thomas Newcomen (1663-1729). La máquina de Newcomen fue construida en West Midlands, Reino Unido y su función era similar a la de Savery llegando a competir con ésta (Gay & DAVIS, 2006). No obstante, Newcomen no pudo patentar su máquina, debido a que la patente que había obtenido Savery era para una máquina que

figura 2-6: Máquina de vapor diseñada por Thomas Newcomen (Imagen: tomada de: <https://albertoroura.com/newcomen.png>) conseguía la elevación del agua usando la potencia del fuego y expiró en 1733.

No obstante, Newcomen llegó a ciertos acuerdos comerciales con Savery para explotar su máquina. La máquina de Newcomen, (figura 2-6), puede ser descrita con las siguientes partes 1) Recipiente con agua, 2) Válvula, 3) Spray de agua, 4) Cilindro, 5) Tanque condensador de agua, 6) Pistón, 7) Peso, 8) Balancín, 9) Barra de bombeo

El funcionamiento de la máquina a grosso modo consiste en que, cuando la caldera hace hervir el agua del recipiente 1, la válvula 2 se abre permitiendo pasar el vapor al cilindro 4, lo cual empuja el pistón 6 hacia arriba. El tanque 5 contiene agua fría la cual entra en forma de spray al cilindro 4 por lo tanto el vapor se condensa y el pistón baja. Esto genera un movimiento en el balancín al cual se le da el uso determinado para cada aplicación.

Sin embargo la máquina de Newcomen, tenía diversos problemas como, el perder calor en el cilindro (construido en cobre) debido a la necesidad de enfriarlo, luego de cada recorrido para producir el vacío, y poseer una pérdida de potencia debido a la presión de vapor restante luego de la condensación, causada por emplear un método poco eficiente (Suárez, 2011).

## **2.2 La máquina de James Watt**

Debido a los problemas que poseían las máquinas de vapor de Newcomen un ingeniero inglés llamado James Watt se propuso realizar una re-elaboración más eficiente. Para lograr la re-elaboración de la máquina, Watt realizó acuciosas mediciones de la presión del vapor a diferentes temperaturas, que le permitieron determinar la cantidad de vapor y de agua de condensación necesarias para mejorar su eficiencia. Adicionalmente, apoyado en sus conocimientos sobre el calor específico, concluyó que se podía mejorar notoriamente la eficiencia, si se separaba el proceso de expansión del de condensación.

En consecuencia, su primera máquina patentada por Watt incluyó un condensador de vapor separado: una cavidad por la cual el vapor transita luego de haber desplazado el embolo,

que permanecía a la temperatura del aire atmosférico gracias a una constante refrigeración con agua, dónde el vapor se enfriaba.

Adicionalmente esta máquina también incluyó otras mejoras significativas para reducir el consumo de vapor y de combustible, tales como: a) mayor aislamiento de cilindro mediante encapsulamiento con un material aislante para minimizar pérdidas de calor, b) un mecanismo de extracción de los gases que no condensaban en el condensador, c) modificación de la configuración geométrica de la máquina para posibilitar el movimiento alrededor de un eje, y d) lubricación del pistón y de otras partes móviles de la máquina con aceite, cera, grasa animal o metales líquidos. (Amengual, 2007)

Esta máquina como se representa en la figura 2-7, constaba principalmente de: una bomba (A), un calentador o caldera (B), un sistema cilindro-pistón (C) y el condensador que había adaptado (D). La máquina comenzaba a funcionar cuando el agua era llevada con una bomba (A) hasta un calentador o caldera (B) donde realiza su cambio de estado de líquido a gaseoso, convirtiéndose en vapor. Allí el vapor se almacenaba hasta que una válvula que se encontraba en el tubo que conectaba la caldera con el cilindro se abría para permitir su paso hasta el sistema cilindro pistón (C). El vapor entrante aumentaba la presión en el cilindro que contenía el pistón, lo cual éste era empujando produciendo el movimiento aprovechable de la máquina. Cuando el pistón se encontraba en la parte más alta de su recorrido se cerraba la válvula que permitía la conexión con la caldera y se abría una nueva válvula que permitía la conexión con el condensador (D). Con el cilindro conectado al condensador el vapor se enfriaba y condensaba, lo cual generaba un vacío en el sistema cilindro pistón que producía la restauración del pistón a su estado inicial. Una vez el pistón regresaba a su parte más baja se cerraba nuevamente la válvula que permitía la conexión entre C y D, y se abría la válvula que permitía la conexión entre B y C, reiniciando un nuevo ciclo en el pistón. Por otro lado el agua condensada se llevaba nuevamente a la bomba, generalmente por gravedad, para que se pudiera volver a utilizar.



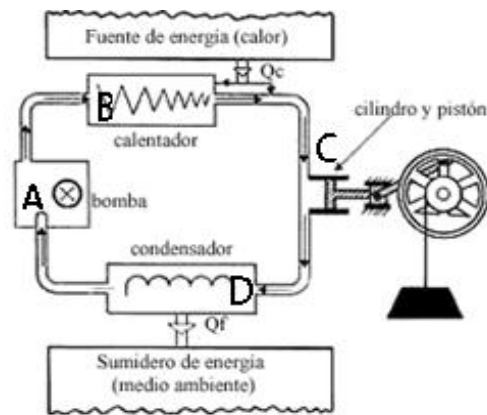


figura 2-7: Representación de la primera máquina de vapor diseñada por James Watt con condensador separado (imagen tomada de (Suárez, 2011, pág. 44)

La segunda máquina de vapor que patentó Watt, ilustrada en la figura 2-8 y la figura 2-9 tenía las mismas piezas que su primera máquina, pero difería en la manera de interconectar las partes. Para realizar las nuevas conexiones Watt tuvo que diseñar un novedoso sistema que permitía que el vapor entrara por ambos lados al cilindro-pistón, empujando así el embolo en ambas direcciones, lo cual se conoce como “doble efecto”. En la figura 2-8 se observa cómo el doble efecto es posible gracias a las válvulas A, B, C y D.

Esta otra máquina comenzaba a funcionar cuando se hacía hervir el agua contenida en la caldera. Posteriormente se abría la válvula A (ver figura 2-8) para permitir el paso del vapor al sistema cilindro-pistón y el desplazamiento del pistón por aumento de la presión. Con el desplazamiento del pistón el movimiento aprovechable de la máquina se utilizaba para hacer ascender un balancín. Cuando el pistón subía se cerraba las válvulas A y B de tal manera que ahora el vapor se desplazaba por C, con lo cual la presión se ejercía en la parte superior del pistón. Con esto último se optimizaba el proceso que permitía que el pistón volviera a su estado inicial, el cual en la máquina anterior se lograba solo por el vacío. Posteriormente las válvulas se volvían a dejar como estaban inicialmente, con este proceso se lograba el doble efecto.

El doble efecto otorgó una mayor eficiencia a la máquina de Watt. Es por ello que dicho proceso se automatizó aprovechando los movimientos conseguidos con la expansión del vapor. En la Figura 2-10 se puede observar un diseño del sistema cilindro-pistón, que

ejemplifica como se logró dicha automaticidad redirigiendo el vapor a los diferentes cilindros sin la necesidad de que una persona estuviera atenta en abrir y cerrar válvulas.

Además de conseguir el doble efecto Watt en su re-elaboración de la máquina decidió utilizar una adaptación de sistema biela manivela “*crank and shaft*” patentado por el inglés James Pickard, pues con éste le fue posible transformar el movimiento lineal generado por el pistón en movimiento en circular, lo cual otorgó a la máquina potencial de aplicación industrial. Lastimosamente los logros alcanzados por Watt en relación a las máquinas de vapor finalizaron debido a su oposición al uso de vapor a alta presión.

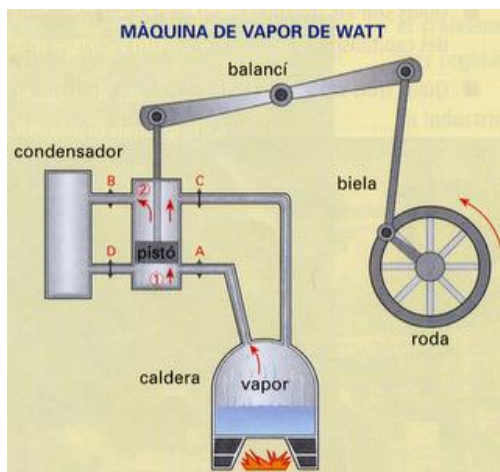


figura 2-8: Representación explicativa de la máquina James Watt (imagen tomada de: <http://sosiales.blogspot.com.co/2010/11/evolucion-de-la-maquina-de-vapor-y.html>)

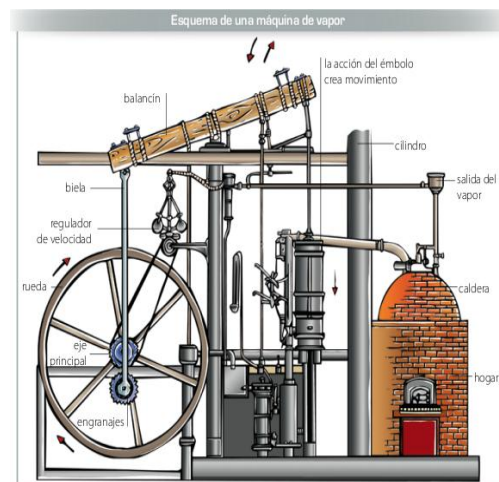


figura 2-9: Representación de uno de los últimos diseños realizados de la máquina de James Watt (imagen tomada de: <https://indiracorrealvareztecn.files.wordpress.com/2015/04/pantallazo.png>)

### 2.2.1 Explicación Física del Funcionamiento de la Máquina de Vapor

Una vez descritas cada una de las partes de la máquina de manera individual y su funcionamiento en conjunto, me encamino a la construcción de una explicación de su funcionamiento en el contexto de la termodinámica clásica.

Lo primero que se debe tener en cuenta es que el funcionamiento de estas máquinas se puede explicar a partir de la repetición de un ciclo termodinámico, es decir, un proceso en el que el sistema parte de un estado inicial y sufre una serie de transformaciones termodinámicas tras las cuales llega a un estado final igual al inicial (Jaramillo, 2008).

En relación a las transformaciones termodinámicas hay que resaltar que, el incremento de energía interna del sistema es igual al calor suministrado  $Q$  menos el trabajo  $W$  realizado por el mismo (Jaramillo, 2008), lo cual es conocido como el primer principio de la termodinámica y se expresa de la siguiente manera:

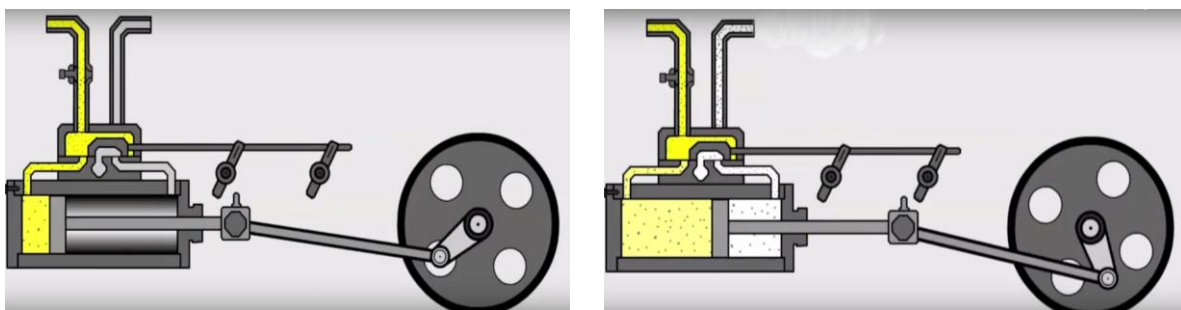
$$\Delta U = Q - W \quad \text{Ecuación 1}$$

Para describir las transformaciones se estudian las propiedades del sistema que varían, entre dichas propiedades existen algunas cuyo valor solo depende del estado en que se encuentra el sistema y son conocidas como funciones de estado, algunas de ellas son: la presión, la temperatura, el volumen y la energía interna. Sin embargo, el calor y el trabajo no lo son, ya que su valor depende del tipo de transformación que experimenta un sistema desde su estado inicial a su estado final. (Blas, 2014)

Como la energía interna es considerada una función de estado, en todo ciclo termodinámico ideal se cumple que:

$$\Delta U = 0 \quad \rightarrow \quad W = Q \quad \text{Ecuación 2}$$

Lo que significa que si la energía interna no varía el calor comunicado al sistema es igual al trabajo realizado por el mismo. El francés Sadi Carnot describe siete estados en el funcionamiento de las máquinas térmicas, en relación a sus componentes más importantes: el cilindro y el émbolo. De esos siete estados cuatro son repetidos consecutivamente creando un ciclo termodinámico. Dichos estados en una máquina de doble efecto como la de Watt son los que se muestran en la Figura 2-10.



Primer estado (1)

Segundo momento (2)

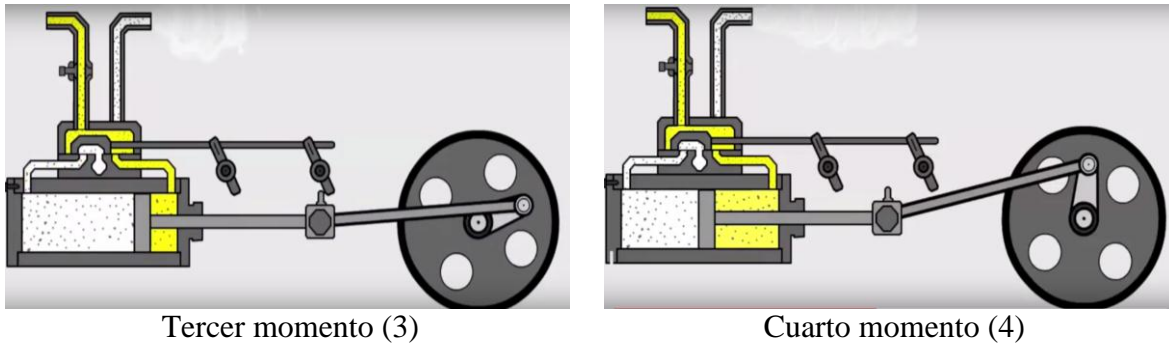


Figura 2-10: Estados del ciclo de Carnot en el cilindro de la máquina de doble efecto de Watt (imagen tomada de: <https://www.youtube.com/watch?v=Jktv9KP3eYc>). El color amarillo se asocia al calor y el blanco al frío, por lo cual los tubos verticales ubicados en la parte superior se asumen como una fuente y un sumidero de calor respectivamente. Cabe recordar que para este modelo de la máquina de Watt la fuente de calor es la caldera, por lo cual el tubo amarillo hace parte de ésta, el sumidero es el condensador, de tal manera que el tubo blanco está unido a éste

Para ésta máquina todo el ciclo se puede modelar a través de cuatro procesos termodinámicos consecutivos: un proceso de expansión isotérmica (paso del estado uno al dos en la Figura 2-10 un proceso de expansión adiabática (paso del estado dos al tres), un proceso de compresión isotérmica (paso del estado tres al cuatro), y una compresión adiabática (paso del estado cuatro al uno) (Levenspiel, 1997). Dichos procesos los explico a continuación y constituyen lo que hoy en día se conoce como el ciclo de vapor de Carnot.

El primer proceso ocurre al pasar del estado uno al dos. En este proceso el vapor que se encuentra a una presión  $P_1$  y un volumen  $V_1$ , entra al cilindro estando aun en contacto con la fuente de calor. Sin embargo el vapor (el cual es considerado como un gas ideal en este caso) se expande al liberarse en el cilindro, convirtiendo el calor suministrado en el trabajo necesario para mover el émbolo, el cual en este primer proceso llamaremos  $w_1$ . Esto hace que la presión del vapor disminuya de tal manera que la temperatura deja de aumentar, manteniéndose constante, concluyendo el proceso. En consecuencia con lo expuesto, el trabajo realizado por el gas y por la máquina se puede expresar de la siguiente manera:

$$W_1 = \int_0^{V_1} p_1 dv = p_1 v_1 \quad \text{Ecuación 3}$$

El segundo proceso se da al pasar del estado dos al tres. En este proceso el vapor dentro del cilindro deja de estar en contacto con la fuente de calor, quedando temporalmente aislado, por lo cual su temperatura deja de aumentar. Sin embargo, el vapor al ser un gas sigue expandiéndose, por su tendencia a ocupar todo el cilindro; motivo por el cual su temperatura y su presión disminuye sin intercambiar calor con el exterior, alcanzando así un estado de presión  $P_2$ . El trabajo realizado en este cambio de estado es:

$$W_2 = \int_{V_1}^{V_2} p dv \quad \text{Ecuación 4}$$

El tercer proceso ocurre al pasar del estado tres al cuatro. En este proceso, el vapor que inicialmente estaba en contacto con la fuente de calor ahora entra en contacto con el sumidero de calor, lo cual hace que el émbolo se retraiga a su posición inicial. Al bajar el émbolo el gas se expulsa a través del mismo lugar por donde entró, por lo cual la presión ( $P_2$ ) y la temperatura del gas permanecen constantes. Por lo tanto, el trabajo para este proceso se escribe de la siguiente manera:

$$W_3 = \int_{V_2}^{V_1} P_2 dv = -p_2 v_2 \quad \text{Ecuación 5}$$

El cuarto proceso se da al pasar del estado cuatro al uno. En este proceso nuevamente se cierra el contacto con la fuente y el sumidero de calor por un momento, lo que hace que el pistón vuelva a su estado inicial: que quede listo para comenzar el ciclo nuevamente. De tal manera que el trabajo  $W_4$  es:

$$W_4 = \int_{V_1}^0 P_2 dv = -p_2 v_2 \quad \text{Ecuación 6}$$

La suma de los trabajos realizados en cada uno de los procesos dará como resultado el trabajo total, de tal manera que:

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \quad \text{Ecuación 7}$$

$$W_T = p_1 v_1 + \int_{v_1}^{v_2} p dv - p_2 v_2 \quad \text{Ecuación 8}$$

$$W_T = - \int_{P_1}^{P_2} v dP \quad \text{Ecuación 9}$$

En la figura 2.11 se ilustra la variación de la presión del gas, confinado en el sistema cilindro-pistón de una máquina térmica ideal, en función de su volumen, a lo largo de los cuatro estados que constituyen el ciclo de Carnot, la cual he venido discutiendo en los párrafos precedentes.

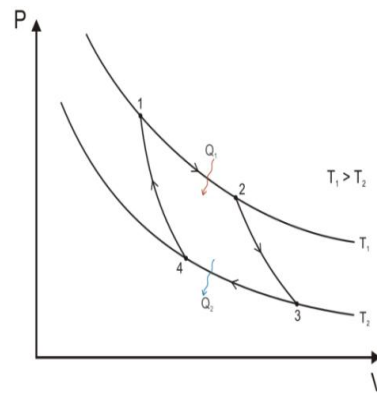


Figura 2-11: Representación del ciclo de Carnot, para un gas ideal, en una gráfica de presión contra volumen (*imagen tomada de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_de\\_Carnot](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_Carnot)*)

Vale la pena aclarar que hasta ahora hemos considerado que el gas es ideal, pero en el caso de la máquina de Watt el vapor de agua, no se comporta completamente como un gas ideal. Su comportamiento hace que, para un caso real, sea necesario que la adición de calor desde la caldera se realice isobáricamente (que su presión no varíe) al igual que la sesión de calor en el condensador (**Paredes, 2015**). Lo anterior implica que el ciclo deba realizarse en la zona de vapor húmedo, la cual es en donde coinciden las expansiones isobaras con las isotermas. Esto genera un cambio en la representación vista en la Figura 2-11, de tal manera que una representación más cercana al comportamiento real del ciclo de la máquina de Watt, la cual funciona con vapor de agua, se la que se presenta a continuación.

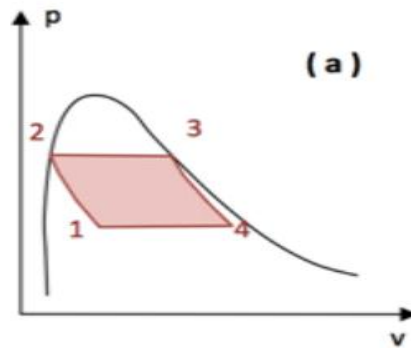


Figura 2-12: Representación del ciclo de Carnot, para vapor de agua, en una gráfica de presión contra volumen (*imagen tomada de: (Paredes, 2015, pág. 11) )*

Por otra parte siguiendo con las consideraciones de Carnot, él era consciente que el ciclo que propuso es ideal, esto es que el estado inicial coincide con el estado final, lo cual implica que es un proceso reversible y por consiguiente que la energía interna del gas no cambia durante la ejecución de todos los procesos, sin embargo esto no se cumple en una máquina real porque la transformación íntegra de calor en trabajo es imposible.

Lo anterior en la actualidad es conocido como segundo principio de la termodinámica, y para este caso indica que el calor que se disipa durante el ciclo termodinámico, en adelante  $Q_2$ , nunca es cero. Teniendo en cuenta esto, para el estudio de las máquinas se puede concluir que:

$$\Delta U = -W + Q_1 - Q_2 \quad \rightarrow \quad 0 = -W + Q_1 - Q_2 \quad \rightarrow \quad W = Q_1 - Q_2 \quad \text{Ecuación 10}$$

Conocer que siempre existe un calor que se disipa, permitió plantear una expresión que relacionando el calor suministrado con el trabajo realizado hace referencia al rendimiento o eficiencia ( $\eta$ ) de todo tipo de máquinas (**Jaramillo, 2008**), la cual es:

$$\eta = \frac{W}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad \rightarrow \quad < 1 \quad \text{Ecuación 11}$$

Para la máquina de Watt, su eficiencia alcanzada generalmente era del 2.7% para la máquina que únicamente incluía el condensador y de 4.5% para la máquina con doble

efecto (Weitzel & Tanzosh, 2010). Dicha eficiencia aunque mejor que la que alcanzaban sus predecesoras, como la de Newcomen que se estima en tan solo 0.5%, seguía siendo bastante baja debido a que la disipación del calor  $Q_2$ , no se presentaba únicamente en el sistema cilindro pistón, sino que además existían disipaciones muy considerables en el condensador y la bomba.

Posterior a Carnot, Rankine plantea un ciclo más ajustado al comportamiento de las máquinas de vapor reales y sugiere algunas recomendaciones sobre cómo se puede alcanzar un mayor rendimiento en éstas. Este ciclo retoma los desarrollos de Watt al incluir el condensador y el doble efecto. Sin embargo, su sugerencia para lograr un mejor rendimiento implica alcanzar presiones de vapor de agua muy altas, no alcanzadas en las máquinas de Watt. Por esta razón, consideré más apropiado utilizar el ciclo de Carnot (referido a máquinas ideales) que el ciclo de Rankine (referido a máquinas reales) para explicar el funcionamiento de la máquina de Watt.



## **3 TALLER DE DIVULGACIÓN DE LA MÁQUINA DE JAMES WATT**

### **3.1 Elementos que guiaron el diseño del taller**

La divulgación de la ciencia y la tecnología es una modalidad de comunicación dedicada a acercar temas científico-tecnológicos a personas no expertas, quienes pueden aprovecharlos con fines diferentes a los que les dieron origen. En consecuencia, realizar procesos divulgativos exige recontextualizar: seleccionar, adaptar, acomodar y reelaborar los conocimientos producidos en el seno de las comunidades científicas y tecnológicas para unas comunidades diferentes, y con una intensión social diferente, como lo es el público general.

En nuestra sociedad, la divulgación de la ciencia y tecnología cumple diversas funciones, por ejemplo, combatir la falta de interés del público general por la ciencia y la tecnología; fomentar el desarrollo de una cultura científica, fomentar la creación de una conciencia científica colectiva crítica y complementar los procesos de enseñanza de las ciencias de las instituciones escolares formales (Calvo, 2006). Sin embargo, el presente taller de divulgación se enfocó en fomentar el interés por la ciencia y la tecnología en el público asistente a la biblioteca pública La Giralda.

Por esta razón, para organizar el proceso de divulgación de la máquina de James Watt se recogieron algunas de las sugerencias para fomentar el interés por las ciencias y la tecnología en niños, niñas y adolescentes, que se pueden inferir de los documentos de Solbes, Montserrat, & Furió (2007), Tapia (2005) y López Aguilar (2010); tales como: a) incluir actividades prácticas en las cuales el público en general tenga la oportunidad de interactuar con objetos materiales y b) propiciar el trabajo intragrupo (pequeños grupos) e intergrupo (grupo total).

Por una parte, la inclusión de actividades prácticas reconoce que una de las maneras predilectas para construir conocimiento es la interacción con objetos materiales. Los sentidos permiten a las personas relacionarse con el mundo real, “*Lo que no sentimos no existe para nosotros*” (Azar, 2014, pág. 50). Por esta razón, las sensaciones están

directamente ligadas tanto a la memoria como al aprendizaje. En consecuencia, la memorización y el aprendizaje, aunque distintos, son etapas en la serie de procesos a través de los cuales los organismos manejan y elaboran la información proporcionada por los sentidos (Aguado, 2001), de allí su importancia en cualquier proceso educativo.

Por otra parte, la inclusión del trabajo en grupo reconoce que las personas desarrollamos nuestra maneras pensar, sentir y actuar a partir de la interacción con otros (Vander Zander, citado por Suriá, (2010). El trabajo en grupo abre las posibilidades de contrastar opiniones y puntos de vista diferentes y de establecer encuentros y consensos a partir de las experiencias vividas. Adicionalmente, propicia el aprendizaje cooperativo (Pliego, 2011): la interdependencia positiva, responsabilidad individual, participación igualitaria, interacción simultánea para aprender juntos (Spenser Kagan), de allí su importancia en cualquier proceso educativo.

Adicionalmente, para organizar el proceso de divulgación de la máquina de James Watt se adoptó la metodología de talleres educativos, porque permiten integrar la teoría y la práctica, y realizar en forma colectiva y participativa un trabajo creativo, puntual y sistemático para contrastar opiniones y puntos de vista y establecer encuentros y consensos (Cándelo, Reina, García Ortiz, & Unger (2003).

Particularmente, para la organización del taller se recogieron los siguientes lineamientos, que son adaptaciones a un espacio no formal de educación, de los fundamentos del taller planteados por Ezequiel Ander Egg (1999): a) relación simétrica, no jerárquica, entre los participantes y el tallerista. b) eliminación de la actitud meramente receptora por parte de los participantes. c) dar prioridad a la producción conjunta grupal sobre las relaciones competitivas entre los participantes. d) Dar al tallerista el rol de orientador de las diferentes actividades y al participante el de ser la base creativa de las mismas. e) Control y decisión sobre la marcha de las actividades por el tallerista y los participantes.

### **3.2 Sesiones del taller**

El diseño del taller se realizó pensando en integrar las actividades prácticas y el trabajo en grupo de una manera natural y agradable a los participantes. Aunque las actividades se

enfocan en las máquinas de vapor, se busca que con ella se puedan generar discusiones que aporten a los participantes en otros aspectos de las ciencias, y la tecnología. A continuación se da a conocer lo que es el taller y los aspectos generales de cada una de las actividades elaboradas.

### **3.2.1 Que es el taller (ver Anexo A)**

El taller “El desarrollo de las máquinas de vapor hasta la máquina de vapor de James Watt” busca divulgar diversas máquinas relevantes históricamente enfocándose principalmente en la máquina de vapor de James Watt, entre los participantes de un escenario de educación no convencional, para mostrar como dicha máquina desempeñó un papel preponderante en los desarrollos científicos, tecnológicos y sociales del siglo XIX.

Vale la pena aclarar que, con este taller se busca incentivar en la población un interés por las ciencias y la tecnología, más que aportar en el aprendizaje significativo de los hechos, los principios, las leyes, las teorías, los conceptos y los modelos que están a la base de las explicaciones científicas contemporáneas del funcionamiento de la máquina de vapor, las cuales se circunscriben a la termodinámica de los procesos irreversible.

El taller consta de *cuatro* actividades, las cuales contienen labores de reconocimiento, descripción, elaboración, análisis y contextualización de una máquina de vapor. Las actividades diseñadas se describen detalladamente en los documentos orientadores elaborados para cada sesión (ver Anexo B, C, D y E). Cada una de dichas actividades se organiza por secciones y tiene un eje central que se divide generalmente en tres partes.

### **3.2.2 Actividad 1: Desarrollo histórico de la máquina (ver Anexo B)**

El objetivo de esta actividad es mostrar el uso del vapor de agua en diversas máquinas antiguas. Con el fin de alcanzar dicho objetivo se introducen los conceptos de máquina de calor, máquina de fuego, máquina de vapor y finalmente máquina térmica. Por supuesto la presentación se realiza con enfoque en la máquina de vapor haciendo apenas mención en las otras. El eje central de la actividad se realiza con una línea de tiempo de la máquina de vapor hasta el desarrollo de la de Watt, para ello se utilizan fichas con información de

diversas máquinas de vapor previas a la de Watt (sección 2.1 del presente documento) como la que se puede ver en la Figura 3-1. Se espera que durante la actividad los participantes se generen preguntas en torno a la función y funcionamiento de las máquinas expuestas.



La máquina de Huygens utilizaba pólvora, la cual se disponía en la base de un cilindro de metal bajo un embolo; al hacer explotar la pólvora, el embolo se mueve a la parte superior del cilindro; al llegar el embolo al punto superior descubre dos orificios a los costados del cilindro que permite la salida de los gases generados en la explosión.

Motor de embolo diseñado por Christian Huygens (*Imagen: tomada de* (Moreno Gomez, Gomez Diaz, & Refolio Refolio, 2014, pág. 21))

Figura 3-1: una de las fichas diseñadas para la actividad “desarrollo histórico de la máquina (*imagen tomada de: archivos del autor*)

En esta actividad se desarrolla el trabajo en grupo en la presentación de varias máquinas de vapor, pues son los mismos participantes quienes luego de revisar una única ficha repartida por intragrupo, con la imagen de una máquina y algunas de sus características, realizan la presentación de acuerdo a sus ideas y consensos apoyados por el tallerista y por un cartel con la imagen de la máquina correspondiente. Sin embargo la máquina de Watt, en la cual es enfocado el taller, es presentada por el tallerista quien cuenta con un prototipo educativo de la máquina, para que los participantes puedan interactuar de una forma más cercana con ella, creando algunas experiencias sensoriales en su interacción con este objeto.



Figura 3-2: Uno de los primeros prototipos construidos de una máquina de vapor (*imagen tomada de: archivos del autor*)

El prototipo que se elaboró para el desarrollo de esta actividad, luego de diversas tentativas creadas como la vista en la Figura 3-2, que no se consideraron aptas, es un modelo de una máquina que funciona con aire de forma análoga al funcionamiento de la de Watt. Este prototipo es útil para mostrar el cambio del movimiento rectilíneo en movimiento circular y el sistema de doble efecto desarrollado por Watt, ver figura Figura 3-3 y figura Figura 3-4, los planos utilizados para su elaboración fueron adquiridos en el sitio woodgears.ca y podrán ser vistos en el Anexo G



Figura 3-3: Parte posterior del prototipo final (imagen tomada de: archivos del autor )      Figura 3-4: Parte delantera del prototipo final (imagen tomada de: archivos del autor )

Vale la pena aclarar que las secciones de esta actividad se denominan: 1a) Introducción y motivación del taller. 1b) Comienzo de la actividad: de donde surge la máquina 2) discusiones sobre la ciencia y la tecnología. Y el eje central que es dividido en tres partes (3,4 y 5) es la presentación de las diferentes máquinas de vapor.

### 3.2.3 Actividad 2: Construcción de un barco de vapor (ver Anexo C)

El objetivo de esta actividad es construir una máquina de vapor sencilla, para generar cercanía con las máquinas de vapor. Para ello se propone la elaboración de una sencilla máquina de vapor conocida como barco pop pop. La actividad de elaboración de una máquina de vapor no busca hacer énfasis en la máquina de Watt, sino que con esta actividad, se espera que los asistentes puedan evidenciar las posibilidades o aplicaciones que existen para el uso del vapor; familiarizándose con algunas de las partes que conocieron en la actividad anterior y los procesos que ocurren en su funcionamiento. Debido a que no se quiere replicar exactamente la máquina de Watt no es necesario

elaborar una máquina muy compleja sino una que funcione de una “eficientemente”, con la cual realizar algunas modificaciones. De tal manera que los asistentes puedan adquirir experiencias con ella.

En esta actividad los participantes construyen un barco pop pop con materiales de fácil acceso, dicho barco se adoptó para esta actividad, además de la implicación que requiere de que los participantes se mantengan interactuando con diversos objetos y que les genere cercanía con las máquinas que se divulgan en el taller, debido a que ya ha sido empleado para experiencias similares, como la realizada por Moreno Gómez, Gómez Díaz, Refolio Refolio, & López Sancho (2014) quienes además explican el funcionamiento de este barco obteniendo resultados bastante satisfactorios. En el barco pop pop se puede apreciar como entran en juego nociones como calor y presión para explicar su funcionamiento. Esta actividad es diseñada para realizarse en equipos aunque cada participante realice su propio barco.

Vale la pena aclarar que las secciones de esta actividad se denominan: 1) introducción de la actividad. 2) organización de los grupos. Y el eje central que es dividido en tres partes (3, 4 y 5) es la construcción del barco pop pop

### **3.2.4 Actividad 3: Impacto de la máquina en la ciencia (ver Anexo D)**

El objetivo de esta actividad es mostrar cómo la máquina de vapor contribuyó al avance de la ciencia. Con este fin se presenta brevemente aspectos relacionados al estudio de las máquinas de vapor, principalmente las de watt, y qué nociones científicas se vieron involucradas en el. Además, se da a conocer un poco a lo que se refiere con la eficiencia de una máquina, para que los participantes creen sus propias conclusiones de porque esta máquina llegó a ser relevante en la sociedad.

Esta actividad se basa en la muestra de un grupo de imágenes en el cual se pueda ver algo del estudio de diversos personajes históricos, el museo cuenta para el caso de cada personaje con una fotografía del mismo, una frase célebre que haya mencionado en relación a los temas cercanos a las máquinas de vapor, un objeto o imagen que lo represente en relación a su vida científica como lo puede ser el modelo de uno de sus inventos o una de

sus ecuaciones, una bandera que represente su nacionalidad y algún objeto que haga referencia a algún aspecto de su vida personal. Los participantes en esta actividad pueden recorrer las diferentes secciones como ellos consideren más adecuado.

Vale la pena aclarar que las secciones de esta actividad se denominan: 1a) Introducción y síntesis. 1b) Comienzo de la actividad: competencia de barcos. 2) tipos de máquinas de vapor. Y el eje central que se divide en dos partes (3 y 4) es la participación de los participantes en el análisis de un grupo de imágenes.

### **3.2.5 Actividad 4: Nosotros entre máquinas (ver Anexo E)**

En esta actividad se busca que los participantes al taller conozcan que es de las máquinas de vapor en la actualidad y sobre cómo son vistas, además se debe realizar el cierre del taller. Para conseguir este objetivo, se organiza una discusión en la cual los participantes comenten que máquinas conocen. La máquinas mencionadas por los participantes se relacionan tanto como sea posible con las antiguas máquinas de vapor para posteriormente mencionarles a los participantes las máquinas sucesoras a las de Watt hasta llegar a el uso del vapor en máquinas actuales, hablando sobre lo que son las turbinas de vapor.

Otro enfoque de esta actividad para conseguir alcanzar el objetivo planteado es brindarles a los participantes alguna información sobre herramientas o partes diseñadas para las máquinas de vapor, que en la actualidad se sigan usando así sea en otro tipo de máquinas. Por otro lado en el campo de cómo es vista la máquina de vapor en la actualidad se muestra la imagen que se tiene sobre ella por las personas en campos como la literatura, la educación y el arte.

El eje central de esta actividad es la discusión del video titulado *The invention of love* (Pasternak, 2010) el cual brinda una perspectiva sobre diferentes aspectos relacionados con las máquinas, como la forma en que reemplazan algunos seres vivos en diversas labores, o el efecto en el ambiente que tuvieron, y muestra varias piezas de las máquinas de vapor antiguas. Para la discusión realizada con este video se realiza la reproducción del mismo acompañada con diferentes pausas en las cuales se resalten los escenarios mostrados, y se realizan preguntas que generen discusión con los asistentes al taller. Finalmente para el

cierre del taller se espera poder despedir de buena manera a los participantes proponiéndoles que decidan profundizar por ellos mismos en su conocimiento sobre la ciencia y la tecnología.

Vale la pena aclarar que las secciones de esta actividad se denominan: 1) introducción de la actividad. 2) Organización de los grupos. 6) cierre del taller. Y el eje central de la actividad que se divide en tres partes (3, 4,5) es la discusión y análisis del video the invention of love.



## **4 REFLEXIÓN SOBRE LA PUESTA EN MARCHA DEL TALLER.**

El taller se puso en marcha para analizar todas las consideraciones realizadas en su planeación, mediante su ejecución. Esto debía hacer evidentes las características que permiten divulgar las máquinas de vapor con esta metodología. En la puesta en marcha se analiza cómo fue recibida la actividad y como fue ejecutada.

La puesta en marcha del taller se realizó en el Colegio Distrital El Porvenir IED, y la Biblioteca Pública La Giralda; sin embargo la implementación realizada en el colegio, solo es tomada como base para comparar cuales son los aspectos que difieren en los escenarios formales y en los no convencionales de educación. Dichas comparaciones se realizan simultáneamente a la descripción de las diferentes actividades ejecutadas en la biblioteca.

### **4.1 IMPLEMENTACION DE LA ACTIVIDAD CON LOS NIÑOS DE LA BIBLIOTECA LA GIRALDA**

La Biblioteca Pública La Giralda es una biblioteca ubicada en la localidad de Fontibón en la ciudad de Bogotá la cual hace parte de la red capital de bibliotecas públicas Biblored. En dicha biblioteca una de sus actividades se da los días sábados cuando brinda un espacio de talleres para niños y jóvenes en el cual puedan emplear su tiempo libre. En dicho espacio se reúnen generalmente niños con edades entre 7 y 13 años y fue con ellos con quienes se llevó a cabo la implementación.

Es de resaltar que el taller al ser una propuesta divulgativa debe poder adaptarse a las diversas poblaciones de manera equilibrada. Para esta población se decidió omitir una actividad y profundizar en las otras, dejando la que se omite implícita en la ejecución de las demás. Las actividades que finalmente se realizaron en el orden de ejecución fueron: Nosotros entre máquinas, Construcción de un barco de vapor, y Desarrollo histórico de la máquina. Dichas actividades se realizaron los días sábados 17 y 24 de septiembre y los días 1 y 8 de octubre de 2016, en el horario de 11:10 am a 12:15 pm. A continuación se presenta la implementación de dichas actividades.

#### 4.1.1 Ejecución de la actividad Nosotros entre máquinas

- Descripción de la puesta en marcha de la actividad.

El inicio de la implementación en La Biblioteca La Giralda se realizó con la actividad centrada en el video *The Invention Of Love*. El motivo de iniciar con esta actividad, fue que los tiempos previstos para la ejecución del taller no parecían ser suficientes y se decidió aprovechar uno de los momentos en los cuales se estaba conociendo el escenario. Esta sesión no fue muy acorde a lo planeado, pues esta actividad se propuso para ser la actividad de cierre del taller.

Para abordar esta actividad fui presentado por la encargada del espacio en el cual se realizó la actividad, quien era la coordinadora de estas actividades y me acompañaría a lo largo de la ejecución de todas las actividades. Inicie el taller presentándome nuevamente y diciéndole a los participantes la manera en que esperaba que se desarrollara el taller. Inmediatamente, después queriendo saber qué conocían los niños sobre el tema, les realicé algunas preguntas de las cuales resalto: ¿alguien sabe que es la máquina de vapor? ¿Saben lo que es el vapor? ¿Han escuchado sobre los estados de la materia? Dichas preguntas junto con la presentación formaron la introducción y motivación del taller, la cual aunque fue planeada de manera diferente en la actividad 1(anexo B), fue igualmente enriquecedora, pues me permitió conocer lo que pensaban los niños, quienes respondiendo a las preguntas dijeron cosas como:

La máquina de vapor es: “algo que echa vapor por arriba” “es una cosa que echa vapor como para los cantantes para que se vean bien”.

El vapor es “el agua evaporada” “cuando ponemos algo por ejemplo a calentar es lo que va saliendo hacia arriba” “uno pone a calentar agua y lo que sale de la olla eso es el vapor”.

Los estados de la materia son “sólido, líquido, gaseoso y plasma”

Tomando en cuenta las respuestas que brindaron los niños pude notar como, aunque estaban familiarizados con los aspectos más cotidianos, el agua hirviendo, o los que se

enseñan en los primeros niveles de los colegios formales, como el nombre de los estados de la materia; desconocían en gran medida lo relacionado con la máquina de vapor.

Una vez conocí un poco sobre lo que los participantes sabían previamente, procedí a realizar las partes de la actividad 1 “de donde surge la máquina” y “discusiones sobre la ciencia y la tecnología” (ver anexo B). Para esto les dije a los niños que una de las razones para ver el video es que en el aparecen muchas máquinas, lo que me dio la oportunidad de preguntarles ¿que consideran que es una máquina? Entre sus respuestas mencionaron que eran objetos conformados por diferentes partes y mencionaron de algunas máquinas modernas. Aprovechando sus respuestas se cerró esta parte de la actividad y se inició la reproducción del video.

Cuando comenzó el video se realizó la primera pausa y los niños mencionaron lo que les llamaba la atención de lo que veían con comentarios como “son máquinas de engranes”, “es todo mecánico” o “es un señor todo robótico”. Continué con la reproducción del video y sus respectivas pausas en las cuales se discutió con los niños entre otras cosas: como las máquinas reemplazaron algunas funciones que realizaban los seres vivos, piezas que tienen en común muchas máquinas mecánicas, la contaminación que generan las máquinas y elementos de la máquina de Watt que se pueden ver en el video.

Al finalizar el video les pedí a los niños que me contaran que tal les había parecido, entre las opiniones dijeron que les pareció lindo, tierno, o que les hacía reflexionar; sus opiniones llevaron a hablar un poco sobre como las máquinas también han reemplazado a las personas de alguna manera, lo cual fue de utilidad para presentar el contexto en el que surge la máquina de vapor y hablar sobre científicos y sobre Watt, los niños no habían oído hablar sobre él, sin embargo asociaron su nombre a la energía, utilicé ello para concluir los aspectos más importantes relacionados con Watt. Finalizamos la sesión conversando sobre como influía en la vida de las personas, el hecho de que las máquinas hicieran más fácilmente lo que hacen las personas, en esta discusión la participación de los niños se dio con preguntas como “¿será que algún día los robots nos van a reemplazar?” y “¿antes habían más máquinas que ahora o es ahora cuando hay más?” además para despedir a los

niños les informe cuales materiales eran los necesarios para desarrollar la siguiente actividad.

- La pertinencia de la actividad en relación al objetivo (mostrar las máquinas en el contexto actual)

Esta actividad aunque no fue planeada para desarrollarse como inicio del taller, resultó ser adaptable para ello. Haciendo una comparación con el grupo con el que trabaje en el colegio, en el cual se realizaron las primeras actividades según lo planeado, pude notar que iniciar el taller permitiéndoles a los participantes basarse en las máquinas más cercanas a ellos, las cuales son las que existen en la actualidad no represento ninguna dificultad.

La actividad fue muy útil para lograr su cometido, de mostrarles cómo es vista la máquina de vapor en la actualidad a los niños, porque el video no solo les mostró algunas piezas claves que tienen las máquinas contemporáneas debido a los desarrollos que se hicieron en las máquinas de vapor, sino que además les mostro como son vistas estas máquinas en un medio artístico. Lo anterior se refleja por ejemplo con la última pregunta que fue realizada por uno de los participantes (“¿antes habían más máquinas que ahora o es ahora cuando hay más?”) pues esta pregunta da cuenta del interés de algunos participantes en la relación que pueda existir entre las maquina antiguas y la actuales o los efectos de ellas para la sociedad.

- Capacidad de la actividad para estimular el interés de los asistentes al taller.

Debo admitir que al saber que realizaría este taller con niños no pensé que fuera muy pertinente esta actividad, sin embargo pude notar este tipo de población la hizo posible. Por supuesto los niños no se mantuvieron permanentemente enfocados en el video, pero lo estuvieron casi todo el tiempo, el único momento en el cual pude notar que se distrajeron varios participantes, fue un lapso del video en el que no realice una pausa, por lo cual considero pertinente mencionar que cuando se realicen actividades como esta, las pausas deben ser lo mejor planeadas posible pues dejar un gran momento del video sin la participación de los asistentes al taller puede llevar a que pierdan el enfoque de porque se está realizando dicha actividad y por consiguiente la motivación o el interés.

En relación a ¿cómo generó esta actividad un interés fuera del taller? no lo pude apreciar como lo tenía previsto, pues esperaba que los participantes me preguntaran por videos similares. Sin embargo, la forma como el video impactó a los participantes fue diferente, al finalizar la actividad y en las siguientes las discusiones de los niños relacionadas con esta actividad fueron generalmente sobre la máquina reemplazando al hombre. Considero que esto es debido a que fue la discusión con la que cerraron la actividad lo cual aunque si es reflejo de un impacto en relación al tema y evidencia el interés de los participantes, no fue el esperado.

- La estrategia de organización y participación de los niños y niñas durante el desarrollo de la actividad.

La participación de los niños como he mencionado la considero bastante buena, pues compartieron sus opiniones de manera muy natural y sin precaución a dar opiniones que alguien considere erróneas. Debido a que en el espacio se realizan talleres frecuentemente mi presencia no afectó el comportamiento de los participantes. Muchos de los niños se conocían por actividades anteriores y aprovechaban la disposición del escenario para compartir con quienes mejor se llevaban. A medida que iban ingresando al espacio, se ubicaban en las mesas formando grupos de 2 y 3 personas. En esos grupos discutían de caricaturas, eventos de su entorno y aunque en menor medida, de los talleres que se desarrollan en la biblioteca, imaginándose que será lo siguiente que harían. Esta organización se mantuvo durante todas las actividades aunque se conformaron grupos más grandes, de entre 4 y 5 personas, para las actividades que lo requerían.

- Riqueza de trabajar en escenarios no convencionales y desafíos.

En esta primera actividad pude notar una gran participación por parte de los asistentes al escenario. Considero que esto se debe a que los participantes desde un inicio asisten al taller debido a su propio interés por una actividad que no esté relacionada con una nota. Otro aspecto que considero relacionado a la participación es el hecho de que los participantes no comparten constantemente un escenario con los demás, por lo cual sus ideas expresadas durante el taller no serán criticadas fácilmente luego de que este finalice.

#### 4.1.2 Ejecución de la actividad Construcción de un barco de vapor

- Descripción de la puesta en marcha de la actividad.

La actividad de construir una máquina de vapor, un barco pop-pop, en su mayor parte se ejecutó de acuerdo al diseño realizado. Un asunto que debo mencionar es el trato de los materiales necesarios para la construcción del barco. Dichos materiales, los cuales son de fácil obtención (y pueden verse en el Anexo C), fueron pedidos en la sesión anterior. Sin embargo, yo era consciente de la baja probabilidad de que los niños llevaran los materiales al ser un escenario no convencional, lo cual fue muy acertado pues solo 3 participantes los llevaron. Los motivos de que tan pocos asistentes a esa sesión llevaran los materiales, no fueron solo el olvido o descuido, sino además el hecho de que llegaron algunos niños nuevos que no conocían la necesidad de dichos materiales. Finalmente a la mayoría de los participantes, los elementos necesarios para la construcción de su barco fueron brindados por mi parte.

Esta actividad se inició con una síntesis de la actividad anterior realizada por quienes habían participado en dicha sesión, esto brindo una primera demostración del impacto que se había realizado. Como era de pensar, a los participantes les fue difícil recordar nombres o fechas concretas, hubo un niño que se refirió a James Watt como James voltio, pero hablaron en relación a las discusiones realizadas.

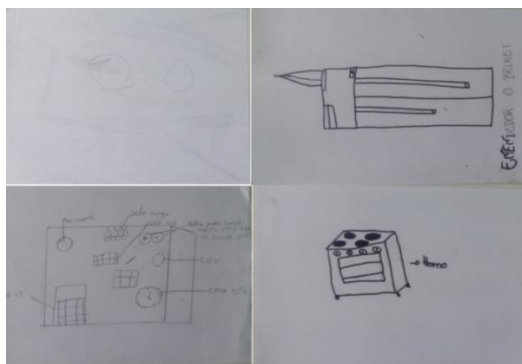


Figura 4-1: dibujos de los asistentes al taller realizado en la biblioteca la giralda sobre lo que consideraban máquina de fuego (imagen tomada de: archivos del autor )

La siguiente parte que se llevó a cabo en esta actividad, consistía en que los niños dibujaran lo que pensarán al escuchar máquina de fuego, y lo mostraran a medida que se

presentaban a sí mismos y al dibujo (ver en anexo B “3 primera parte”). Aunque hubo algunas niñas que no quisieron contar lo que era su dibujo si me permitieron mostrárselo a los demás y presentarlas. Los dibujos, algunos de los cuales pueden ser vistos en la Figura 4-1, en general consistieron en diversos objetos que se relacionan con el fuego de alguna manera, como encendedores o estufas; ello fue reflejo del desconocimiento por parte de los participantes de otras maneras cómo podía interpretarse ese concepto. Posterior a esto explique el motivo de pedirles el dibujo, mencionándoles como diversa máquinas de vapor pueden ser también llamadas máquinas de fuego y que a continuación construirían una.

La construcción del barco pop-pop consiste en dos partes, las cuales son el motor y el casco. Pedí a los participantes que me contaran cual creían que era la función de ambas partes del barco, ante lo cual ellos respondieron en común que el motor servía para dar movimiento al barco y el casco para que no se hundiera. Sus respuestas fueron usadas para discutir sobre barcos y motores, esta parte fue esencial pues ellos empezaron a asociar los motores al funcionamiento de las máquinas, decían que “el motor sirve para que se mueva el barco porque le da la energía necesaria para hacerlo”. Finalizada la discusión, pedí que formaran grupos de cuatro personas, lo cual se realizó rápidamente. Una vez los grupos estuvieron formados repartí los materiales para que cada uno hiciera su propio barco, salvo para dos niños quienes compartieron materiales debido a la falta de algunos de ellos.

La actividad continuó dándoles las indicaciones a los niños y acompañándolos con ayuda de la coordinadora para la construcción de la coraza y el motor. El tiempo alcanzó su límite y aunque algunos niños terminaron una parte del barco, a otros les hacía falta para acabarla, por lo cual se decidió continuar en la sesión posterior.

Previo al inicio de la siguiente sesión terminamos las corazas y construí varios motores, debido a que resultaron ser muy complejos para que los niños los terminaran en el tiempo permitido. La sesión inició mostrándoles a los participantes un barco funcionando, varios se emocionaron. Esta parte de la actividad se realizó al aire libre en un espacio exterior, lo cual hizo que algunos niños se distrajeran. Cuando todos los chicos observaron el barco, regresamos a nuestro espacio habitual. Una vez regresamos antes de que yo lo hiciera la coordinadora les preguntó a los niños, cómo pensaban que funcionaba el barco y, algunos

que me lo habían preguntado, respondieron en relación a la información que yo les había dado, pero siempre agregando cosas nuevas, una explicación fue: “Por lo menos se le pone la vela se prende y cuando se calienta el barco se mueve por el fuego”.



Figura 4-2: niños de la biblioteca probando sus barcos pop pop (*imagen tomada de: archivos del autor* )

Toda la sesión se empleó para que los niños terminaran sus barcos obteniendo resultados como los que se ven en la Figura 4-2. Además se concretó una explicación muy básica de su funcionamiento relacionando al barco usando las explicaciones dadas por los niños. Utilizar tanto tiempo para la creación de los barcos hizo imposible realizar la propuesta con la que se inicia la actividad 3 (ver anexo D) de llevar a cabo una carrera con los barcos. Además del impedimento tiempo, hubo algunos barcos que no funcionaron, por lo cual se quedaron en la biblioteca para que yo posteriormente los reparara. De tal manera que la actividad finalizó con el intento de dejar la mayor cantidad de barcos funcionales.

- La pertinencia de la actividad en relación al objetivo (familiarizar a los participantes con el uso del vapor para la producción de movimiento)

Esta actividad considero que cumplió su objetivo de familiarizar a los participantes con el uso de vapor para la creación de máquinas. Esta opinión la doy debido a que una vez finalizada la actividad, todos los niños expresaban como el vapor podía ser útil para mover barcos, remitiéndose a como este se generaba al calentar agua y a la primera discusión que tuvimos sobre barcos y motores. Con algunos niños aproveche esa discusión para que luego de unas cuantas preguntas de mi parte asociaran el calor con la energía. La actividad generó



a los niños la curiosidad de saber el funcionamiento de su barco pues, como he mencionado, algunos de los participantes me preguntaron por ello antes de abordar esa parte. Aunque yo esperaba poder dejar a los niños la duda sobre el funcionamiento del barco para que fueran a otro escenario en busca de respuestas, consideré lo poco posible que era debido a la edad de los niños decidiendo agregar esa parte a la actividad.

- Capacidad de la actividad para estimular el interés de los asistentes al taller.

Esta actividad fue la que más llamó la atención a los participantes y la que más expectativas les generó. Considero que su interacción con los objetos para que ellos mismos crearan algo, los mantuvo comprometidos con terminarlo. Sin embargo, el no poder terminar el barco en una sola sesión tuvo un efecto negativo, pues algunos participantes del taller disminuyeron su impresión en la segunda sesión, actuando de una manera más pasiva.

El interés generado por esta actividad, fuera del escenario del taller, en ciertos participantes fue indudable pues algunos de ellos decidieron finalizar su barco pop-pop en casa, llevándolo acabado en la segunda sesión destinada a su construcción, donde empleando su tiempo en apoyar a los demás.

- La estrategia de organización y participación de los niños y niñas durante el desarrollo de la actividad.

El apoyo que se brindaron los participantes entre ellos hizo destacar los beneficios del trabajo en grupos. Los participantes que por algún motivo no lograban hacer funcionar su barco seguían interesados en conseguirlo al ver los demás. Tal como en la actividad anterior al formarse los grupos de una manera natural los participantes permanecieron activos y enfocados en las indicaciones que se les brindaron. Pero los momentos en los que se trabajó con el grupo entero como el mencionado anteriormente, en el que salimos con ellos del espacio habitual, son más arduos de controlar, estos momentos no creo que pueden planificarse detalladamente en las actividades, por lo cual se hace necesario hacerlos lo más concisos posible.

- Riqueza de trabajar en escenarios no convencionales y desafíos.

Realizando una comparación en los dos escenarios, Tanto en la biblioteca como en el colegio, conté con la fortuna de que se me brindara una sesión adicional para concluir la actividad, por lo cual puedo mencionar que en ambos casos existen escenarios donde los cronogramas pueden ser alterados; aunque soy consciente que ni los escenarios de divulgación más conocidos, ni los centros de educación formal más rigurosos se pueden permitir esto. Por otro lado, uno de los beneficios de trabajar en escenarios de divulgación es ser consciente de que se está realizando una actividad no formal, lo que permite estar preparado para ello.

Lo anterior se ejemplifica en el caso de los materiales. Los materiales en la biblioteca fueron en mayor medida provistos por mi parte, la del tallerista; debido a que era consciente de la dificultad de que los participantes los llevaran. Sin embargo en el colegio, donde esta actividad se realizó con dos grupos de grado décimo, en un grupo la gran mayoría llevó sus propios materiales como era lo esperado, debido a que el profesor encargado saco una calificación de ello. Pero en el otro muy pocos de los estudiantes llevaron sus materiales, aunque a ellos también se les calificaría, lo que hizo que se construyera solo un barco por grupo como se evidencia en la Figura 4-3 lo cual contrasta con la actividad en la biblioteca Figura 4-4



**Figura 4-3:** Estudiantes del Colegio El Porvenir IED construyendo un barco pop-pop (imagen tomada de: Archivos del autor)



**Figura 4-4:** Asistentes a la actividad en la Biblioteca La Giralda construyendo un barco pop-pop (imagen tomada de: Archivos del autor)

#### 4.1.3 Ejecución de la actividad las máquinas previas a la de Watt

- Descripción de la puesta en marcha de la actividad.

El cierre de la implementación del taller se realizó con la actividad de las máquinas de vapor previas a la de Watt. Esta actividad se realizó en el tiempo planeado, pues algunas de las partes de esta actividad habían sido abordadas en las sesiones anteriores, de tal manera que se hizo énfasis en la presentación de las diversas máquinas de vapor antiguas y la exposición de la máquina de Watt (ver numerales 4 y 5 anexo B)

El inicio de la actividad se realizó pidiéndoles a los niños que recordaran lo que se había realizado previamente. La recapitulación fue en parte guiada por la coordinadora, quien me estaba acompañando también en esta actividad, y se centró en el barco pop-pop. Algunos de los niños describieron su funcionamiento, aunque sus descripciones no fueron muy diferentes a las que brindaron la sesión anterior.

Luego de la recapitulación, expresé las indicaciones relacionadas a la presentación de diversas máquinas de vapor antiguas. Mi principal indicación para los niños fue pedirles que se imaginaran como creían que funcionaban esas máquinas, para que posteriormente le contaran a sus compañeros a que conclusión habían llegado.

Los niños se organizaron en grupos, y discutieron en relación a la ficha asignada mientras yo pegaba los carteles. En algunos grupos se realizó una discusión activa desde el inicio y en otros decidieron leer cada uno la ficha individualmente. Varios grupos no llegaron a un consenso. Mientras tanto, Angélica se dirigió a los diferentes grupos para incentivar la discusión y decidió generar una pregunta para que todos los niños participaran en las conversaciones. La pregunta que generó fue “¿para qué creen que sirve cada máquina?” y fue muy útil pues guió a varios grupos en su presentación.

Las presentaciones iniciaron con el grupo de la Eolípila, el representante dijo que todo empezaba en la caldera la cual estaba llena de agua que sería calentada para crear vapor, interrumpí para que todos los niños comprendieran a que hacía referencia con caldera y les pedí que ubicaran dicha parte, varios niños pensaron inicialmente que era la esfera giratoria

de esta máquina. Luego, el niño mencionó que el vapor generado se dirigía a una esfera, para salir por dos tubos haciéndola girar. Yo complementé la explicación haciendo que relacionaran esta máquina con el pito de una olla a presión.

La siguiente máquina fue la de Thomas Savery. El niño encargado inició su presentación diciendo que podía haber servido para un juguete. Cuando le pregunte por qué, su compañero de grupo intervino afirmando que “podía servir para un juguete porque tiene diferentes estaciones” mencionó las partes diciendo que: una era la caldera, en otra se generaba el vapor, y otra donde se almacenaba. Luego de esto, un niño de otro grupo dijo que le parecía que la máquina podía ser una ducha, brindando una explicación de cómo imaginaba su funcionamiento. Un último niño mencionó que podía servir para un barco y lo relacionó con el barco pop pop. Al acabar la intervención de los niños, complementé la explicación mencionando el funcionamiento de las duchas y hablando de la presión y vacío.

Posteriormente se explicó el motor de émbolo de Huygens. En esta explicación participaron todos los niños del grupo complementando sus ideas. Mencionaron que funcionaba con pólvora la cual se explotaba, uno de los chicos asoció el motor con un cañón y también hablaron de la expansión de los gases debido a la información de la ficha. Complementé la explicación haciendo énfasis en el émbolo, mencionado que es una pieza móvil, lo cual diferenciaba esta máquina del barco pop pop y de las expuestas previamente, además señalé a lo que se refería la ficha con expansión de los gases.

La máquina de Ayanz no la asigne a ningún grupo, por lo cual yo la explique y continuamos con la de Papín. El niño encargado dijo en parte lo que estaba escrito en la ficha y luego asocio la máquina con un carro diciendo que podría funcionar de manera parecida. Complemente la explicación como en las máquinas anteriores para lo cual fue necesario informar a los niños lo que es un barco de paletas.

La última máquina expuesta por los niños fue la de Newcomen. Las niñas encargadas de ella iniciaron hablando de la caldera por lo cual intervine para que ubicáramos las diferentes calderas en las otras máquinas. Luego de esto, las niñas continuaron su explicación la cual fue muy acorde a la información de la ficha.

Cuando todos los grupos finalizaron, inicié mi presentación de la máquina de Watt para ello señale las partes que compartía esta máquina con las que ya se habían presentado pidiéndole a los participantes que las ubicaran en el cartel, varios participantes se animaron y luego de diversas observaciones ubicaron la caldera, el pistón y el balancín. Les indiqué los avances y logros de la máquina de Watt a los participantes y procedí a utilizar el prototipo construido, para mostrarles el mecanismo ingeniado para lograr el doble efecto realizado por Watt y la transformación del movimiento rectilíneo en circular. Varios niños lo denominaron máquina de fuego y mencionaron que era parecida a la máquina del video.

Realicé el cierre del taller permitiéndole a los niños interactuar con el prototipo construido, lo hicieron de manera natural como se ve en la Figura 4-5 y luego decidieron ellos mismos brindar su explicación sobre la máquina. Cuando todos interactuaron con la máquina les mostré el interior de esta y relacionamos sus partes con las de otras máquinas. Finalmente di las gracias por la participación a los niños y sintetice los puntos clave de todo el taller.



Figura 4-5: asistentes al taller en la biblioteca interactuando con el prototipo de la máquina construido (imagen tomada de: archivos del autor )

- La pertinencia de la actividad en relación al objetivo (familiarizar a los participantes con el uso del vapor para la producción de movimiento)

Esta actividad es la que mayor carga teórica implica, pero es eso precisamente lo que logró que los asistentes al taller usaran la información proporcionada para lograr sus propias ideas. Considero que es este tipo de actividades son útiles al aprovechar las ayudas visuales pues con ellas se logró que los niños relacionaran las presentaciones. Aunque en esta

actividad lo ideal sería replicar cada una de las máquinas que se abordan, ello implica un gran esfuerzo y dedicación que no son correspondientes al diseño de este tipo de actividades divulgativas. Por lo anterior considero que lo más pertinente es realizar esta actividad de la manera en que lo hice, pues construyendo únicamente el prototipo de la máquina que se quería resaltar, logré mostrar algunas aplicaciones del vapor en diversas máquinas.

- Capacidad de la actividad para estimular el interés de los niños y niñas asistentes al taller.

A pesar de lo útil que resulta esta actividad para brindarles información a los participantes, en su ejecución fue la actividad del taller donde noté menos interesados a los participantes, en especial a los de menor edad, no obstante esto no significa que la actividad no haya sido de utilidad para motivar a la gente por la ciencia y la tecnología; pues en realidad la participación no fue muy diferente de las otras actividades y varios de los niños mostraron gran curiosidad, en especial al momento de presentarles el prototipo. Desde mi perspectiva el punto débil de esta actividad fue la dinámica para que cada grupo expusiera sus ideas, pues en algunos grupos, aunque se hacía evidente el interés hacia la ayuda visual, no lo era tanto por la información que presentaban sus pares.

- La estrategia de organización y participación de los niños y niñas durante el desarrollo de la actividad.

Resuelvo que la manera de hacer aun más interesante esta actividad es realizando una mejor organización para los grupos que se formen. En las presentaciones, se conformó un grupo en el cual todos los miembros tenían un tono de voz bajo, lo cual considero el mayor motivo por el cual durante su presentación la atención de los participantes se haya mermado. Aunque no tuve esto en consideración, soy consciente que el tono de voz de la mayoría de los participantes lo había conocido en la actividad de presentación ejecutada en una sesión anterior. Lo anterior me permite sugerir que sean tomados en cuenta los diversos aspectos que se evidencien en las actividades de presentación, como en este caso el tono de voz de los participantes, para la organización de grupos en las diversas actividades.

- Riqueza de trabajar en escenarios no convencionales y desafíos.

Esta fue otra de las actividades que tuve la oportunidad de implementar en dos escenarios diferentes de educación. En el colegio pude notar un mayor análisis de las máquinas presentadas, debido a que los participantes brindaban mucha información que no estaba presente en las fichas suministradas. Por otro lado, en la biblioteca las discusiones se enfocaron más en tratar de hallar cual era el uso de las diversas máquinas. Lo anterior, aunque podría atribuirlo a la diferencia de edades en las poblaciones, lo encuentro directamente relacionado con el contexto, pues en el colegio durante todas las actividades se percibió cómo los participantes trataban de hallar respuestas correctas, mientras que en la biblioteca, se generaban discusiones que no estaban relacionadas únicamente con el ámbito científico, sino que todo tipo de experiencias de los participantes eran traídas a la discusión, lo que hizo posible que las mismas indicaciones se interpretaran de manera diferente en ambos casos.

#### **4.1.4 Reflexión final, a manera de síntesis**

Durante la implementación, logré poner en práctica el taller que había diseñado con una gran cantidad de supuestos en mente, e información que había adquirido, en su mayoría de documentos escritos. Sin embargo los procesos de divulgación, al igual que la enseñanza convencional requieren un momento de práctica, que permita al encargado de realizarla, estar al tanto de las dinámicas que se manejan en estos contextos. Sin la puesta en marcha del taller diseñado, yo no conocería los contratiempos y las dificultades que se pueden presentar durante la implementación del taller diseñado.

En la primera actividad implementada, incluso antes de su ejecución, al conocer el escenario ya pude ser consciente de lo adaptable que tienen que ser las actividades de divulgación tanto al tiempo disponible para su ejecución como a las poblaciones, por esa razón, en casos que como este se quiere dar a conocer un tema mediante actividades dirigidas a todo público, las cuales no se conoce qué tan adecuadas sean para cada población. Lo que considero adecuado, es que de igual manera a como lo lleve a cabo en la implementación, se preparen diversas actividades y se ejecuten primordialmente las que se

acomoden de mejor manera al grupo de turno, permitiéndose llevar a cabo partes de las demás actividades.

La segunda actividad que desarrollé en la biblioteca mostró con la participación de los niños lo bien aceptados que son los talleres, que implican trabajos manuales e interacción con objetos, como medios de divulgación. Aun así en la actividad se hizo muy evidente el que considero mi mayor error en la ejecución de todo el taller, el cual es no haber conseguido que esa actividad fuera auto conclusiva y finalizara en una única sesión, pues ello no solo permitió la distracción hacia los temas que se estaban dando a conocer, sino mostró que en estas actividades que se realizan con un público abierto puede llegar alguien a la mitad de la misma, siéndole imposible ponerse al corriente, lo cual fue el caso de una participante que asistió a la sesión en la que se finalizaba la construcción del barco cuando no había asistido a la sesión en la que se iniciaba. Siendo este no el único inconveniente pero sí el que más evidente se hizo.

La tercera actividad que desarrollé se llevó a cabo para que se pudiera introducir cierto contenido teórico de manera que los participantes tuvieran un rol activo. Esta actividad muestra que, aunque las actividades de divulgación no se enfocan en realizar procesos de enseñanza formal, sí que permiten transmitir información que no es necesariamente de actualidad, como es el caso de los periódicos y noticieros, haciendo evidente la diferencia entre estos procesos.

Pensando en toda la planeación que me llevó a proponer esta actividad y ver la manera como fue puesta en marcha, considero que aún nos hace falta darle una mayor importancia a los procesos de divulgación. Pues aún hay mucho que decir sobre ellos y su relación e influencia con la educación convencional. Aunque en este caso solo abordé uno de los métodos que se usan para realizar estos procesos, espero que este trabajo divulgue mi experiencia y motive a posteriores estudios que se realicen tanto en el campo de la divulgación científica como, en la temática que se divulgó, las máquinas de vapor.



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Durante el trabajo desarrollado se abordaron diversos aspectos que van desde la planeación de la actividad su evaluación. De dichos aspectos se observaron características, que dan respuesta a la pregunta guía del presente documento, dichas características son presentadas a continuación.

- El taller busca mantener la motivación y el interés de los participantes en mayor medida que generarlo, ya que al ser una actividad divulgativa que debe ser realizada en un espacio determinado las personas generalmente serán quienes se dirijan al espacio por sus propios motivos.
- Aunque con el taller los participantes puedan conocer nociones físicas relacionadas a las máquinas de vapor y utilizarlas en su vocabulario con expresiones como “el vapor se expande cuando se calienta” esto no significa que los participantes hayan comprendido perfectamente dichas nociones, sino que han conocido un escenario para el cual sus afirmaciones se cumplen, por lo cual el taller se enfoca en mostrar en mostrar experiencias novedosas que sirvan de base para la construcción del conocimiento de los participantes.
- En esta clase de talleres las actividades grupales enriquecen las habilidades individuales y permiten desarrollar cooperación entre los individuos, como lo fue el caso de los participantes que ayudaron a sus compañeros a finalizar sus barcos pop pop.
- La construcción de una máquina de vapor por parte de los participantes es la mejor manera de que ellos evidencien por que dichas máquinas fueron relevantes. Además es la forma predilecta para generar interés en la ejecución del taller lo cual atribuyo en gran medida a la interacción con los objetos materiales que implica
- Es posible introducir información con carga teórica en este tipo de actividades de divulgación sin que los participantes pierdan su interés pero para ello hay que

permitirles ser activos y mostrar que sus opiniones y puntos de vista son tomados en cuenta

- La información que se obtenga de los participantes en momentos como su presentación debe ser tomada en cuenta y utilizada para la organización de las actividades. Lo anterior implica que este tipo de actividades se caracteriza por tener que tomar decisiones sobre la puesta en marcha pensando en los intereses y actitudes de los asistentes.
- La evaluación o reflexión sobre estas actividades no se realiza únicamente cuando ellas ya ha finalizado sino que debido a la facilidad con que este tipo de actividad tienen impacto en las poblaciones en las que se realizan se puede hacer también durante las mismas sesiones de las actividades analizando por ejemplo los momentos de recapitulación y síntesis que realicen los participantes para conocer qué es lo que más les llamo la atención y estar al tanto de como interpretaron la información con la que se trabajó.

## **5.2 Recomendaciones**

Además de las características señaladas anteriormente sobre el taller, de las implementaciones realizadas puedo concluir algunas recomendaciones que espero sean tenidas en cuenta en futuras actividades similares a la desarrollada en el presente documento:

- En la planeación de las actividades del taller se deben diseñar diversas actividades que ayuden a cumplir la misma meta, de tal manera que se elijan de entre las que se han diseñado las que mejor se adapten a cada población, definiendo cuales son estas en la presentación del taller donde se interactúa directamente con la población.
- Las actividades, secciones o partes que compongan el taller, deben en la medida de lo posible, finalizar en una misma sesión en la que inician, pues es un taller de divulgación no se tiene garantía de que los participantes que asisten a una actividad sean todos los mismos que asistan a las otras.
- En el caso de que las actividades requieran materiales que deban ser preparados estos deben ser suministrados por el tallerista dado la dificultad de que los participantes los lleven.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Aguado, L. (2001). Aprendizaje y memoria. (M. Gadea, & L. Pérez, Edits.) *Revista de neurología*, 373-381.
- Amengual, R. (2007). *Bielas y álabes 1826-1914*. Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas.
- Ander Egg, E. (1999). *El taller: una alternativa de renovación pedagógica*. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.
- Azar, S. (2014). Primer estadi: El cuerpo como instrumento vincular. En P. Sarlé, E. Ivaldi, & L. Hernández , *Arte educación y primera infancia: sentidos y experiencias* (págs. 49-51). Madrid España: OEI.
- Barragan, M. (2015). *La educación sensorial en el aula infantil*. Valladolid: Universidad de Valladolid facultad de educación y trabajo social.
- Blas, t. m. (Octubre de 2014). *acer.forestales*. Recuperado el 5 de octubre de 2016, de [acer.forestales: http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termolp/variables.html](http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termolp/variables.html)
- Calvo, M. (2006). *www.acta.es*. Recuperado el 23 de agosto de 2015, de [www.acta.es: http://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion\\_e\\_informacion/040099.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/040099.pdf)
- Candelo Reina, C., Garcia Ortiz , A., & Unger, B. (2003). *Hacer talleres una guía practica para capacitadores*. Cali : WWF Colombia .
- Federación de enseñanza de CC.OO de Andalucía. (mayo de 2010). Herón de Alejandría. Un gran tecnólogo en la historia de la humanidad. *Temas para la educación*, 1-7.
- Foladori, M. G. (2015). Divulgación de Ciencia y Tecnología: los límites del enfoque técnico en las nanotecnologías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 508-519.
- Gay, A., & DAVIS, S. (2006). *Máquina de vapor*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
- Jaramillo, O. (2008). *Notas del curso de termodinámica para ingenieros*. Temixco: Coordinación de Concentración Solar Privada Xochicalco S/N.

- Levenspiel, O. (1997). *Fundamentos de termodinámica*. Tijuana: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. .
- Lopez Aguilar, N. G. (2010). El aburrimiento en clases . *Procesos Psicológicos y Sociales*, 1-43.
- Moreno Gomez, E., Gomez Diaz, J., & Refolio Refolio, C. (2014). Análisis termodinámico de un diseño conceptual de máquina de vapor debida a Papin. *Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula*, 7-30.
- Moreno Gómez, E., Gómez Díaz, J., Refolio Refolio, C., & López Sancho, J. (2014). Construcción y estudio de una máquina de vapor sin partes móviles. *CSIC*, 31-44.
- Paredes, S. F. (2015). *Análisis termodinámico de los ciclos de Rankine (Tesis de pregrado)*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pasternak, V. (Dirección). (2010). *The invention of love* [Película].
- Pliego, N. (2011). El aprendizaje cooperativo y sus ventajas en la educación intercultural. *Hekademos*, 63-76.
- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 91-117.
- Suárez, M. J. (2011). *Estudio del impacto de los conceptos fundamentales de la termodinámica en el desarrollo de la máquina térmica y el surgimiento de la revolución industrial (Tesis de maestría)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Suriá, R. (noviembre de 2010). *docplayer.es*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de docplayer.es: <http://docplayer.es/14363215-Psicologia-social-sociologia-curso-2010-11-raquel-suria.html>
- Tapia, A. (2005). Motivación para el aprendizaje: La perspectiva de los alumnos. *Ministerio de Educación y Ciencia (2005). La orientación escolar en centros educativos.*, 209-242.
- Thurston, R. H. (1878). *A history of the growth of the steam-engine*. New York: D Appleton and company .
- Weitzel, P., & Tanzosh, J. (2010). *asmedigitalcollection*. (K. Rao, Editor) Recuperado el 12 de octubre de 2016, de asmedigitalcollection:

<http://ebooks.asmedigitalcollection.asme.org/content.aspx?bookid=312&sectionid=38782261>

# Anexo A: Documento guía del taller

## EL DESARROLLO DE LAS MÁQUINAS DE VAPOR HASTA LA MÁQUINA DE VAPOR DE JAMES WATT

### PRESENTACIÓN GENERAL DEL TALLER

#### Tabla de contenido

<i>El taller en síntesis</i>	1
¿Qué se busca con el taller?	2
¿Cómo se desarrolla el taller?	2
¿De que consta el taller EL DESARROLLO DE LAS MÁQUINAS DE VAPOR HASTA LA MÁQUINA DE VAPOR DE JAMES WATT?	2
<i>Descripción de los documentos orientadores del taller</i>	2
<i>Salud y seguridad</i>	3
<i>Secuencia de las actividades</i>	3
<i>Materiales para las actividades</i>	3
<i>Un poco de la teoría que motiva la actividad</i>	3
La divulgación de la ciencia y la tecnología	3
El taller como recurso educativo	4
Por qué aplicar el taller	5
<i>Modelo pedagógico</i>	5
<i>Preparación de las actividades del taller</i>	7

---

---

#### El taller en síntesis

##### ¿Que se busca con el taller?

El taller “El desarrollo de las máquinas de vapor hasta la máquina de vapor de James Watt” busca

divulgar la máquina el de vapor de James Watt, entre los participantes de un escenario de educación no convencional, porque dicha máquina desempeña un papel preponderante en los

desarrollos científicos, tecnológicos y sociales del siglo XIX.

Vale la pena aclarar que, con este taller se busca incentivar en la población un interés por las ciencias y la tecnología, más que aportar en el aprendizaje significativo de los hechos, los principios, las leyes, las teorías, los conceptos y los modelos que están a la base de las explicaciones científicas contemporáneas del funcionamiento de la máquina de vapor, las cuales se circunscriben a la termodinámica de los procesos irreversible.

### **¿Cómo se desarrolla con el taller?**

El taller se desarrolla mediante *cuatro* actividades, que se llevan a cabo en dos sesiones de dos horas, realizadas en días diferentes. Dichas actividades contienen labores de reconocimiento, descripción, elaboración, análisis y contextualización de una máquina de vapor, las cuales se describirán detalladamente en los documentos orientadores diseñados para cada sesión.

### **Descripción de los documentos orientadores para el taller**

Como se señaló en los párrafos precedentes se diseña un documento orientador para cada una de las cuatro actividades. Cada documento contiene recoge la planificación proyectada por el tallerista, la cual se organiza a través de los siguientes apartados:

#### **Introducción**

Durante las actividades del taller se espera que los asistentes trabajen en grupos: discutan sus ideas, lleguen a consensos, construyan nuevas ideas de forma colectiva, entre otras cosas, mientras que quién dirige el taller (el tallerista) genera las condiciones propicias para la reflexión y la discusión, en aras de aprovechar todas las posibilidades que brinda una actividad tipo taller. Se puede encontrar un poco de información adicional sobre el taller en la página 4.

### **¿De qué consta el taller: La máquina de vapor de James Watt en el contexto actual?**

El taller consta de los siguientes elementos:

1. Una metodología para la ejecución de las actividades planteadas.
2. Los documentos que orientan el desarrollo de las actividades, en los cuales se explicita lo que se pretende lograr en cada una de ellas, las palabras claves a resaltar, y el tiempo requerido para cada parte de la actividad.

Describe brevemente el propósito principal de la actividad vinculándola a las metas de la divulgación de la ciencia y la tecnología que se discuten en la página 3.

#### **Palabras clave**

Indica los conceptos esenciales a tratar en cada actividad: aquellos que son prioritarios para

usarse como base en la construcción de las ideas consensuadas. Conviene reforzar estos conceptos a lo largo de toda la actividad.

### **Equipo requerido**

Listado de materiales y herramientas que se emplean en la actividad, en los casos que se requiera alguna preparación especial se incluyen las instrucciones para realizarla.

### **Plan de actividad**

Indica el paso a paso de la actividad a desarrollar y los tiempos sugeridos para ello.

### **Equipo requerido**

**Condiciones del espacio:** se sugiere que de ser posible la actividad se desarrolle en un aula con buena iluminación natural en la que no se tenga una gran influencia de ruidos externos y que de preferencia no posea obstáculos en su interior. Esta aula o salón debe brindar un espacio que resulte cómodo para los participantes tanto en cuestiones de espacio personal como de temperatura y ambiente. Con relación a las sillas y mesas se espera sean fácilmente móviles y los suficientemente grandes para acomodarse de diversas formas

### **Un poco de la teoría que motiva la actividad**

El taller la máquina de vapor de James Watt en el contexto actual, se concibe como una propuesta de divulgación de la ciencia y la tecnología, a través de la metodología de Taller. Por esta razón, es importante que el encargado de realizar esta actividad (tallerista) tenga

### **Salud y seguridad**

Para este taller se deben atender las indicaciones del tallerista en cada actividad quien determinara la mejor manera de proceder según el espacio del que disponga.

### **Secuencia de las actividades.**

Se recomienda desarrollar las actividades en el orden establecido. No obstante, si se decide alterar el orden se sugiere establecer una secuencia planeada y organizada, en la que las actividades se realicen de manera coherente y fluida.

### **Materiales para las actividades**

Para la sesión uno, la actividad dos requiere la construcción de un aparato sencillo, por lo cual los materiales deben ser preparados con antelación. Aunque los materiales para esta actividad, y todo el taller en general, se señalan en los documentos orientadores, se destacan los materiales especiales para esta actividad: una vela, una lata de refresco vacía, 3 sorbetes o pitillos (dos de ellos con codo), un trozo de 10 cm de alambre y un envase de “tetra brick” vacío.

conocimiento sobre: la divulgación científica (sus funciones, características, ventajas), y los talleres educativos (en qué consisten, sus fundamentos)



## La divulgación de la ciencia y la tecnología

La divulgación científica como lo indica Calvo Hernando (2006) resulta difícil de conceptualizar al ser un concepto que encierra variedad y complejidad. Foladori (2015) conceptualiza la divulgación de la ciencia y la tecnología como una modalidad de comunicación dedicada a acercar temas científico-tecnológicos a personas no expertas, quienes pueden aprovecharlos con fines diferentes a los que les dieron origen.

A la divulgación de la ciencia y tecnología se le atribuyen diversas funciones. Por ejemplo, algunas de las funciones señaladas por Calvo (2006) son:

- Combatir la falta de interés del público general por la ciencia y la tecnología;
- Fomentar el desarrollo de una cultura científica.
- Fomentar la creación de una conciencia científica colectiva crítica
- Complementar los procesos de enseñanza de las ciencias de las instituciones escolares formales;

*Combatir la falta de interés:* una de las dimensiones más importantes de la divulgación científica y tecnológica es combatir la falta de interés de la opinión pública sobre estos temas. Existen diversas formas de combatir la falta de interés y cada divulgador desarrolla las suyas propias en función de lo que busque dar a conocer. Por este motivo no hay una manera general que se pueda adoptar para combatir la falta de interés utilizando la divulgación, sin

embargo, adoptando una postura divulgativa se generan una serie de posibilidades que no serían adecuadas en otros contextos.

*Fomentar el desarrollo de una cultura científica:* la divulgación de los conocimientos y prácticas de las ciencias, al público en general, como función aportar al desarrollo de una cultura científica; una cultura que permita a las personas tener cierta familiaridad con algunas de las ideas construidas por la comunidades científicas para explicar los fenómenos naturales, con las formas adoptadas por dichas comunidades para construir, justificar y consensuar dichos conocimientos, con las implicaciones que han tenido dichas ideas para el desarrollo tecnológico en las sociedades, y con el funcionamiento de los artefactos tecnológicos.

*Fomentar la creación de una conciencia científica colectiva crítica:* Es importante que los ciudadanos desarrollen una conciencia crítica sobre la ciencia y la tecnológica, pues desde que estos ámbitos se arraigaron tan profundamente a la sociedad son claves para el manejo del poder.

*Complementar los procesos de enseñanza de las ciencias:* La divulgación tiene propósitos diferentes a la enseñanza y no la sustituye, pero puede llenar vacíos de la enseñanza convencional y contribuir a los procesos educativos, además permite al público adoptar una determinada actitud ante la ciencia

Para pensar la divulgación de la ciencia y la tecnología es necesario considerar el aspecto a

divulgar, la estrategia metodológica adoptada para la divulgación, el contexto del escenario de divulgación, entre otros aspectos.

## **El taller como recurso educativo**

El taller es una metodología para la enseñanza que integra la teoría y la práctica; Candelo Reina, Garcia Ortiz , & Unger (2003) definen el taller como *“un espacio de construcción colectiva que combina teoría y práctica alrededor de un tema, aprovechando la experiencia de los participantes y sus necesidades de capacitación.”* (pág. 33)

En consecuencia con esta definición del taller es preciso un número limitado de personas para que puedan realizar en forma colectiva y participativa un trabajo activo, creativo, puntual y sistemático aportando sus experiencias; que posibilite discusiones, consensos y en general cualquier actividad que ayude a generar puntos de vista, soluciones y alternativas a problemas dados.

### **¿Por qué aplicar el taller?**

Para cerrar esta sección y entender por qué es pertinente la aplicación de este taller como una manera de divulgar la ciencia y la tecnología, es necesario considerar el caso particular de la máquina de vapor de James Watt.

La máquina de vapor de James Watt es una de las elaboraciones tecnológicas más representativas del siglo XIX. Esta máquina no sólo consolidó los desarrollos previos sobre el uso del vapor de agua como fuente de movimiento, sino que adicionalmente trajo consigo una serie de invenciones que revolucionaron la sociedad (por ejemplo: la locomotora, los telares mecánicos, las bombas de agua, entre otras). Más aun, sirvió de

inspiración para la consolidación de algunos de los conceptos medulares de la termodinámica clásica, tales como, los conceptos de calor, trabajo y energía.

En consecuencias, reflexionar sobre la máquina, es una estrategia poderosa para la divulgación de las ciencias, porque mientras se desarrollan las actividades correspondientes para darla a conocer, se puede señalar mediante un trazado histórico la forma como es vista en diversos momentos y como esto se refleja en interpretaciones sobre algunos conceptos de la ciencia, como los señalados en el párrafo anterior.

Utilizando el taller sobre la máquina de vapor los asistentes a la actividad pueden ser conscientes de cómo este desarrollo tecnológico afectó al avance científico para su consolidación y en concordancia con esto estar al tanto de como ocurrió es de ayuda para crear una mayor familiaridad con los temas en los que la máquina se ve relacionada, no solo en el campo de la ciencia y de la tecnología sino además considerar las implicaciones sociales.

## **Modelo pedagógico**

Este taller tiene el propósito de enriquecer las experiencias de los participante para que desarrollen saberes, a través de la elaboración de máquinas de vapor y de la reflexión sobre las mismas (el desarrollo histórico de las máquinas, su influencia en construcción de los conocimientos científicos, sus diseños y funcionamiento, los artefactos tecnológico contemporáneos que se derivan de ellas, entre otros).

Con relación a los propósitos del taller se establecen algunos principios que son el eje

fundamental de su desarrollo y son los que encaminan la manera de guiar el taller.

El primer principio a resaltar es que la experiencia es esencial para que los participantes se involucren con el tema. El participante debe conocer haciendo y proponerse aprender a pensar como buscar información y una vez hallada reconocerla, problematizarla, reconstruirla, deconstruirla, comprendiendo el qué quiere decir, para qué sirve y cómo aplicarla. A través de experiencias directas con los objetos a conocer y en situaciones concretas, el participante debe tener la posibilidad de comprobar sus ideas por medio de sus aplicaciones, descubriendo por sí mismo su validez.

Otro principio que guía el taller es que las actividades grupales y la socialización posible con ellas son fundamentales para el desarrollo de una temática dada. Cuando los individuos tienen la posibilidad de desarrollar una temática con un grupo se abren a las posibilidades de contrastar opiniones y puntos de vista diferentes y establecer encuentros y consensos a partir de las experiencias vividas en el taller. Además dialogar con base en el conocimiento propio a otros individuos que vendrían a ser sus pares crea un ambiente de amabilidad en el cual cada uno puede estar orgulloso de su conocimiento personal.

El último principio que propongo para el desarrollo del taller es que la interacción con objetos del mundo real deriva en una práctica más memorable y por consiguiente en una divulgación más duradera. Cuando una persona interactúa con objetos del mundo real se ve envuelto en una experiencia que involucra de manera consciente sus sentidos. El ser consciente de cómo se están utilizando los

sentidos para conocer por primera vez algo genera un impacto que lleva a una mayor atención, lo que lleva a recuerdos más vívidos acerca del objeto y por tanto de la temática que se está divulgando.

Teniendo en cuenta los principios mencionados se deben realizar varias acciones por parte del tallerista para que esos principios se involucren intrínsecamente en la ejecución del taller. A continuación dejo algunas recomendaciones dirigidas en su mayoría al tallerista.

El tallerista debe estar en capacidad de dinamizar los procesos de socialización a través del planteamiento de preguntas desencadenantes y la consideración de las preguntas elaboradas por los participantes, y de propiciar el dialogo entre las diferentes ideas, concepciones, perspectivas que emergen durante el desarrollo del taller. Esto último requiere que el tallerista procure no darles o insinuarles a los participantes lo que él considera son las respuestas correctas a las preguntas planteadas.

Cada actividad del taller busca que el participante se centre en un aspecto del tema que se está abordando, brindándoles diferentes perspectivas de como este puede estar relacionado con ellos pero no se trata únicamente de mostrarles como la ciencia y la tecnología reflejadas en la máquina de vapor influyen en su mundo. Por este motivo la exposición no se centra en resaltar la relación de la tecnología con el participante sino que se adapta un ambiente lleno de experiencias en el que además de hacer notoria la relación mencionada, se generen inspiraciones para comprender que representan y como pueden ser entendidas mejor.

El tallerista debe buscar que cada participante construya saberes desde aquello que le sea más significativo del taller, y que los comparta con los demás participantes.

La ejecución de este taller de divulgación requiere que el tallerista sea consciente de cuáles son los medios indicados para dar a conocer la ciencia desde la perspectiva de la divulgación de las ciencias. Este taller no alcanzara un buen desarrollo si el tallerista y los participantes se asumen en un escenario convencional de educación. Por esta razón, el tallerista debe evitar actividades como: evaluaciones escritas, sistemas de puntuaciones o notas, u organizaciones por desempeños.

### **Preparación de las actividades del taller**

Las actividades están diseñadas para ser tan consecutivas como sea posible, por lo cual hay poco espacio de preparación para cada una, una vez el taller ha sido iniciado. Para esto se propone que la preparación se realice conforme a las sesiones que están previstas

para que las actividades sean ejecutadas. Para este fin se busca que se agrupen las actividades en sesiones que previas a su inicio permitan al tallerista

Razonar sobre la manera en que se refleja la importancia de conocer más sobre la ciencia y la tecnología en cada actividad y el contexto en el que cada una de ellas está pensado

Identificar las nociones claves de la actividad que deben ser reforzados o introducidos, para ello se deben haber realizado construcciones previas en términos sencillos que sea capaz de transmitir a los asistentes

Prever la disposición de los subgrupos que se generan para cada actividad de tal manera que se reduzcan los tiempos de organización y que estos sean variados y adecuados para la actividad

Tener las preguntas de cada actividad pensadas y enfocadas a las respuestas que se esperan para las discusiones del tema

# Anexo B: Documento guía de la primera actividad

## DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MÁQUINA

### INTRODUCCIÓN

En esta actividad se da un punto de partida a los participantes para que tengan una base en donde empezar a construir sus concepciones sobre la máquina de vapor de Watt. Por este motivo se introducen los conceptos de máquina de calor, máquina de fuego máquina de vapor y finalmente máquina térmica. Por supuesto la presentación se realiza con enfoque en la máquina de vapor haciendo apenas mención en las otras, para esto, la introducción de los conceptos, se realiza con una línea de tiempo de la máquina de vapor hasta el desarrollo de la de watt. Se espera que los participantes se generen preguntas en torno a la función y funcionamiento de las máquinas expuestas.

Nuevas palabras clave: máquina de vapor, máquina térmica, máquina de calor.

### EQUIPO REQUERIDO

**Parte 1:** hojas de papel blancas, lápices, borradores

**Parte 2:** video beam o carteles con imágenes de: la Eolípila, máquina de vapor de Ayanz, motor de pólvora de Huygens, máquinas de vapor de Savery, Newcomen y Watt.

**Parte 3:** modelo a escala de una máquina con funcionamiento similar a la de Watt o en caso extremo un buen modelo digital.

### PROPUESTA DE DESARROLLO

#### **1a Introducción y motivación del taller** *conociendo la máquina de vapor de James Watt (5 minutos)*

Explique que se trata un taller de “divulgación de la ciencia y la tecnología” en el que se espera que se motiven a profundizar en los temas que sean tocados. Presente las reglas para la ejecución del taller.

- Lo importante no es obtener respuestas sino pensar en las preguntas
- Habrá tiempo para las discusiones y este debe ser lo más aprovechado posible
- En el transcurso del taller se realizaran actividades en grupos pero aunque se genere un delegado del grupo se espera que todos participen
- Mencione los días en que se realizara el taller.

#### **1b Comienzo de la actividad: de donde surge la máquina (5 minutos)**

Realice una pequeña exposición en la que mencione como existen diversos tipos de máquinas en la actualidad refiriéndose a ellas como logros del desarrollo tecnológico. Destaque en la exposición como muchas de las máquinas que tenemos hoy en día se han logrado gracias

al avance de la ciencia. Finalice su exposición mencionando como una de las predecesoras de las máquinas modernas a la máquina de vapor y señalando que en su caso su estudio permitió avances en la ciencia. (Aunque se pudiera proporcionar el libreto de esta exposición y las siguientes en el desarrollo del taller esto no es lo más eficiente debido a que el tallerista)

## **2 discusiones sobre la ciencia y la tecnología (5 minutos)**

Ahora que usted presente algunas ideas con relación a la ciencia y a la tecnología debe brindarle la oportunidad al público de que presente sus opiniones para esto realice algunas preguntas enfocadas a ello como lo pueden ser ¿Cuáles consideran que sean las metas de la ciencia y la tecnología? ¿Qué es lo que más les gusta de la ciencia y la tecnología progresa? Aproveche esta discusión para dejar algunas preguntas que lleven a la reflexión sobre lo que implica el avance de la ciencia y la tecnología.

## **3 primera parte. (10 minutos)**

Este es en realidad es el inicio de la actividad 1 la cual debe ser la primera. En esta parte de la actividad se busca que los participantes se conozcan un poco y a su vez el tallerista pueda obtener información del estado inicial de los participantes. Para esto lo que debe hacer es repartir un lápiz y una hoja blanca a cada participante y les pedirá que dibujen de manera simple lo que interpretan al escuchar máquina de vapor (debe ser el término máquina de vapor debido a su implicación histórica y a que para este punto los asistentes ya deben haber sido permeados o influenciados por algunas consideraciones en relación a la máquina

de vapor lo que imposibilita usar este término para la actividad)

Brinde a los asistentes un tiempo adecuado para que realicen su dibujo, posteriormente pida a algún voluntario para iniciar la presentación. Cada participante debe presentarse diciendo su nombre, su ocupación, mostrando su dibujo y explicando lo que intento plasmar en él.

## **4 segunda parte (10 minutos)**

En esta parte se muestra la máquina de vapor de Watt. Para esto se debe hablar de la máquina de vapor de Watt explicando sus usos y sus partes además de señalar su funcionamiento mecánico y que es lo que la diferencia con otras máquinas

Para señalar su funcionamiento mecánico y sus diferencias con las otras máquinas se debe hacer uso de un modelo a escala de una máquina que presente dicho funcionamiento, se espera que los participantes puedan tener cercanía con la máquina de Watt por lo cual lo ideal es que puedan interactuar directamente con una máquina; sin embargo y siendo consiente que no en todos los casos esto es posible se puede recurrir en última instancia a un modelo digital que permita evidenciar claramente tanto las partes como el funcionamiento.

## **5 Tercera parte (25 minutos)**

Con esta última parte se cierra esta actividad. En esta parte de la actividad se genera el primer acercamiento conceptual y es donde se presentan las palabras claves además de mostrar el contexto histórico de las máquinas de vapor hasta el desarrollo de la máquina de Watt. Para realizar esto debe entregar a los participantes algunas fichas en las que se

presenten a grandes rasgos: las máquinas de Herón, la máquina de Ayans, el Motor de embolo diseñado por Christian Huygens, la máquina de vapor diseñada por Denis Papin, la Máquina de vapor creada por Thomas Savery, la Máquina de vapor diseñada por Thomas Newcomen. (Anexo a este documento se encuentran los modelos de las fichas que les entregara a los participantes.)

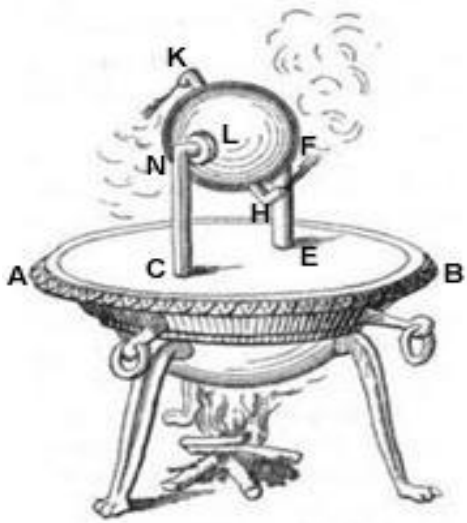
Una vez les haya entregado a los participantes las fichas pida a quienes tengan en la ficha la misma máquina que se reúnan y debe brindarle un tiempo prudencial en el cual ellos discutan y analicen tanto la imagen como la información. Una vez lo hagan los equipos deben turnarse para que traten de explicar la máquina correspondiente.

En la explicación de cada grupo el tallerista debe estar atento a serles un apoyo a los expositores y poner a su disposición la máquina expuesta en la parte anterior en el caso de que ellos la consideren útil para su explicación.

Finalmente intente generar una conversación en relación las máquinas expuestas buscando que los participantes discutan cuales creen que fueron las primeras en inventarse y cuales las ultimas, encuentren puntos en común de ellas, características y que traten de definir la información expuesta en un máximo de tres palabras.

---

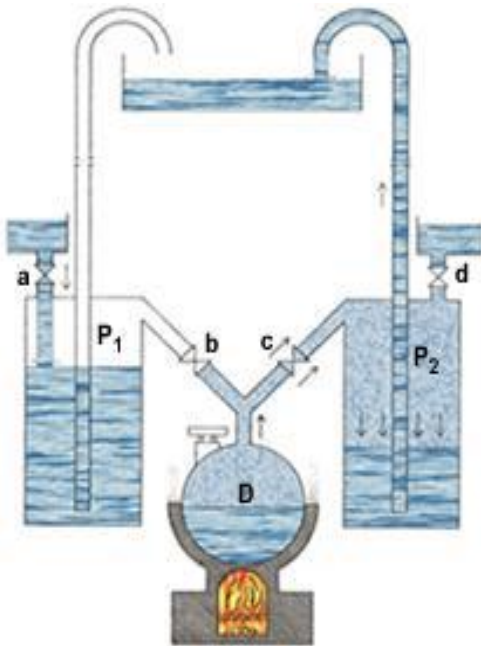
## Imágenes de las máquinas que se mencionan en la actividad 2



La Eolípila mostrada en la imagen 2.1 consiste en una esfera metálica (L) alimentada con vapor a presión por medio de dos pivotes (N y F); estos pivotes están dispuestos a sus costados y conectados en su otro extremo con una caldera donde se calienta el agua que se convertirá en vapor (C y E). La esfera además tiene dos tubos en forma de L (K y H) en sentido contrario uno con respecto al otro por donde sale el

Vapor luego de haber estado en el interior de la esfera de metal. Esto le proporciona un impulso para que gire comportándose como una turbina; lo cual convierte a la Eolípila en el primer motor conocido de la historia.

Representación de la Eolípila conocida como el primer motor de la historia



La máquina en cuestión es descrita como una caldera de cobre esférica (véase imagen 2.2), llena de agua hasta más de la mitad de su volumen y ubicada sobre un hornillo semiesférico. El agua que se quería elevar se conducía por gravedad mediante sendas válvulas anti retorno, (a) y (d), a dos depósitos de paredes gruesas. El vapor de la caldera (D) llegaba alternativamente a estos depósitos mediante las válvulas (b) y (c). Al acceder el vapor a cada uno de estos depósitos, se conseguía elevar una cantidad determinada de agua por la presión alcanzada al cerrar las válvulas anti retorno. Este proceso podía regularse de forma continua abriendo y cerrando las válvulas (b) y (c) de forma adecuada.

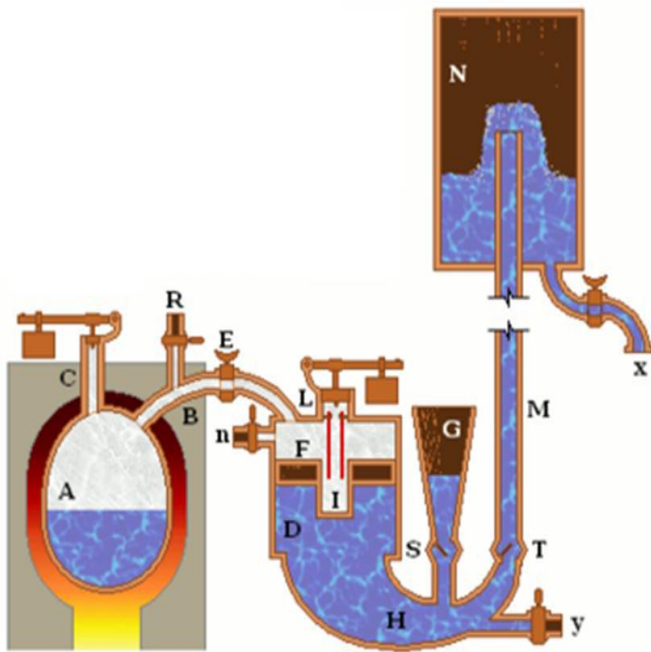
Máquina de vapor diseñada por con Jerónimo de Ayanz y Beaumont registrada como la primera máquina de vapor con una patente (Imagen: tomada de (Suárez, 2011))





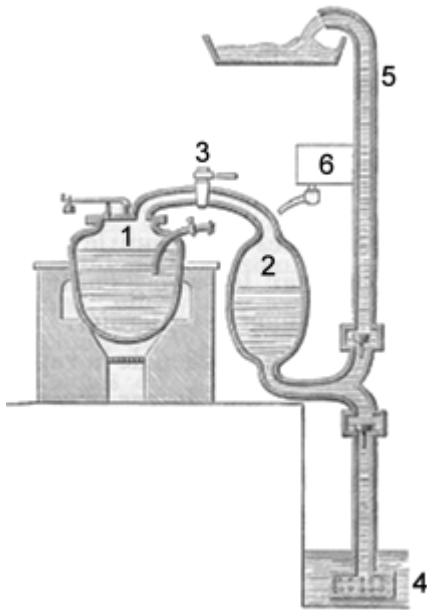
La máquina de Huygens utilizaba pólvora, la cual se disponía en la base de un cilindro de metal bajo un embolo; al hacer explotar la pólvora, el embolo se mueve a la parte superior del cilindro; al llegar el embolo al punto superior descubre dos orificios a los costados del cilindro que permite la salida de los gases generados en la explosión.

Motor de embolo diseñado por Christian Huygens (Imagen: tomada de (Moreno Gomez, Gomez Diaz, & Refolio Refolio, 2014, pág. 21))



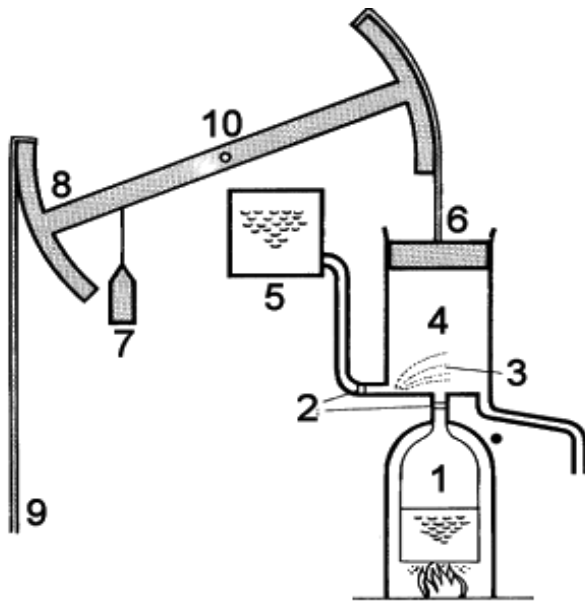
Papin estudia la relación entre temperatura de ebullición y presión. Papin logra utilizar el agua líquida y transformarla en vapor para reemplazar la pólvora. La aplicación de este diseño la realizó al construir una embarcación con rueda de paletas en Kassel (Alemania), que podía transportar hasta dos toneladas (el modelo interno de la máquina se muestra en la imagen). Desafortunadamente esto no fue del agrado de los transportadores de la época que lo hicieron arrestar. Poco después en La noche del 25 de septiembre de 1707 como lo documenta Thurston (1878) su embarcación fue incinerada quedando solo sus ideas como apoyo a científicos posteriores. Los inventos de Papin además no tienen registros de haber sido patentados, lo que guía a algunos a creer que nunca salieron de su laboratorio por no superar las dificultades técnicas.

Máquina de vapor diseñada por Denis Papin (Imagen: tomada de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Denis\\_Papin#/media/File:M%C3%A1quina\\_de\\_vapor\\_\(Papin,\\_1707\).png](https://es.wikipedia.org/wiki/Denis_Papin#/media/File:M%C3%A1quina_de_vapor_(Papin,_1707).png))



(1) recipiente con agua hirviendo, 2) recipiente con agua fría, 3) válvula de presión 4) colector de agua 5) Tubo hacia el exterior protegido con una válvula antirretorno 6) Espita para rellenar agua en la caldera. El funcionamiento de la máquina se desarrolla cuando se hace hervir el agua en la caldera (1), esto hace que al generarse cierta presión, la válvula 3 se abra empujando además el agua del recipiente 2; una vez ocurre esto el agua inicia a ascender por el tubo 5 lo que hace disminuir la presión por lo cual la válvula 3 se cierra nuevamente generando un vacío, el cual hace que el agua del colector 4 sea absorbida por el recipiente dos. a lo largo del tubo 5 se pueden apreciar dos válvulas las cuales al ser abiertas o cerradas permitían o impedían respectivamente el paso del agua por determinada sección del tubo.

Máquina de vapor creada por Thomas Savery para la extracción de agua de las minas (Imagen: tomada de: <http://2014-quinto.blogspot.com.co/p/la-maquina-vapor.html>)



La máquina de Newcomen, (imagen 2.5), puede ser descrita con las siguientes partes 1) Recipiente con agua, 2) Válvula, 3) Spray de agua, 4) Cilindro, 5) Tanque condensador de agua, 6) Pistón, 7) Peso, 8) Balancín, 9) Barra de bombeo.

El funcionamiento de la máquina como a grosso modo consiste en que cuando la caldera hace hervir el agua del recipiente 1 la válvula 2 se abre permitiendo pasar el vapor al cilindro 4 lo cual empuja el pistón 6 hacia arriba. El tanque 5 contiene agua fría la cual entra en forma de spray al cilindro 4 lo cual hace que el vapor se condense y el pistón baje. Esto genera un movimiento en el balancín al cual se le dar el uso determinado para cada aplicación.

Máquina de vapor diseñada por Thomas Newcomen (Imagen: tomada de: <https://albertoroura.com/newcomen.png>)

# Anexo C: Documento guía de la segunda actividad

## CONSTRUCCIÓN DE UN BARCO DE VAPOR

### INTRODUCCIÓN

Se propone la elaboración de una sencilla máquina de vapor. La actividad de elaboración de una máquina de vapor no busca hacer énfasis en la máquina de Watt, sino que con esta actividad se espera que los asistentes puedan evidenciar las posibilidades o aplicaciones de una máquina de vapor; familiarizándose con algunas de las partes que conocieron en la actividad anterior y los procesos que ocurren en su funcionamiento. Debido a que no se quiere replicar exactamente la máquina de Watt no es necesario elaborar una máquina muy compleja sino una que funcione de una “eficientemente”, con la cual realizar algunas modificaciones de tal manera que los asistentes experimenten con ella una vez realizada. La máquina que propongo elaborar es el barco pop pop debido a que ya ha sido empleado para experiencias similares a la aquí propuesta obteniendo resultados bastante satisfactorios. En el barco pop pop se puede apreciar como entran en juego nociones como calor y presión para explicar su funcionamiento, nociones que los participantes deberán aclarar entre ellos con el fin de que expliquen cómo funciona su construcción.

Nuevas palabras clave: calor, presión,

### EQUIPO REQUERIDO

**Parte 1:** ningún material especial requerido

**Parte 2:** una vela, una lata de refresco vacía, 3 sorbetes o pitillos (dos de ellos con codo), un trozo de 10 cm de alambre y un envase de “tetra brick” vacío, pegamento de dos componentes, silicona.

**Parte 3:** ningún material especial requerido

### PROPUESTA DE DESARROLLO

#### **1 introducción de la actividad (5 minutos)**

Esta es la segunda actividad pero se realiza en la misma sesión que la primera, por lo cual debe aclararles a los participantes el cambio de tema que se está dando, además se debe mostrar como el hecho de que las máquinas de vapor son de alguna manera una tecnología sencilla fue lo que propició a que la sociedad del siglo XIX las adoptara tan vehementemente.

#### **2 Organización de los grupos (5 minutos)**

Debido a que se busca que los participantes puedan estar en contacto entre si y compartir las experiencias que

se desarrollen en el taller se propone que esta actividad se realice en grupos. Según el número de participantes y el criterio del tallerista se organizaran los grupos, lo ideal es que sean grupos de tres personas, y que los participantes se sientan cómodos.

En caso de no hallar una manera adecuada de organizar los grupos puede usar la herramienta del rompecabezas. La cual consiste en cortar diversas imágenes o postales en partes iguales y que cada participante seleccione una de las partes, de tal manera que quienes tengan una parte de la misma imagen conformen un grupo. Si decide utilizar este método se sugiere que lleve las imágenes previamente preparadas para optimizar el tiempo.

### **3 Primera parte** (10 minutos)

El inicio de la actividad como tal se da diciéndole a los participantes lo que se va a hacer y cómo se va a hacer. Para esto iniciara diciéndoles a los participantes lo que es el barco pop pop y exponiéndoles a grandes rasgos como se construye (la guía para su construcción es la explicada en la sección 4 de este documento). cuando exponga lo que es el barco pop pop tenga en cuenta no hacer énfasis en su funcionamiento, sino más bien en sus particularidades y diferencias con otras máquinas

Como mencione en la introducción del presente documento este barco ya se ha usado para actividades similares a esta, por lo cual se pueden encontrar diversos documentos para fundamentar la exposición de esta parte. Un documento

que sugiero en particular es “Construcción y estudio de una máquina de vapor sin partes móviles” el cual puede ser consultado por internet en el siguiente enlace:

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/93742/3/pop\\_pop\\_boat.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/93742/3/pop_pop_boat.pdf).

En este documento si bien no se profundiza en la puesta en práctica, si se encuentra información de gran utilidad para entender el concepto de este barco.

Para finalizar esta parte presente los materiales necesarios para esta actividad a los participantes o en el caso de que ellos los hayan llevado pídale que los preparen.

### **4 segunda parte** (30 minutos)

En esta parte se realizara la construcción del barco pop pop. Con su exposición el parte anterior los participantes ya deben tener idea de que hacer, sin embargo debe acompañarlos en el paso a paso de la construcción. El tallerista puede revisar previamente videos en internet donde encontrará sin dificultad un mayor detalle en la elaboración del barco.

Lo primero para realizar el barco es la construcción del casco. Para ello se recorta el cartón de tetra brick en la parte superior e inferior de tal manera que quede abierto completamente. Se utiliza el cartón como lienzo para realizar la figura adjunta a este documento doblando en las partes punteadas y cortando en las partes continuas. Una vez hecho esto, se pega con silicona los lugares en donde se encuentren los bordes de la dejándola herméticamente sellada, además en el centro la parte inferior se recorta un

cuadrado de 0.5cmx0.5cm; Se adorna el barco creándole un cuarto con el cartón excedente.

La siguiente parte a realizar del barco es el motor. Para construirlo se toma la lata recortando de ella una franja de 5cm de ancho y marcando en dicha franja una línea que la atraviese a un centímetro de cada uno de sus bordes más largos. Posteriormente se dobla la franja a la mitad por su lado más largo sin presionar demasiado; con ayuda de una regla se realizan otros dos dobleces usando como guía las líneas marcadas a 1cm. Se introduce uno de los pitillos en la mitad del dobles más ancho creando con él una separación en el medio de la lata, conservando esta separación se pegan los bordes de la lata con pegamento de dos componentes. Una vez pegado se saca el primer pitillo y se introducen los otros dos pitillos con codo, de tal manera que su codo quede a 1.5cm al borde de la lata, la cara plana de la lata debe quedar 45 grados frente a los pitillos. Se agrega pegamento alrededor de los pitillos dejando la lata herméticamente sellada y en sus codos para que estos sean más resistentes al calor.

Finalmente se ensamblan las dos partes pasando los pitillos por el cuadrado que se recortó del casco y sellando con pegamento de dos componentes. Finalmente se pone la vela de tal manera que al encender la llama está caliente el lado liso del aluminio. Se espera que el barco quede similar a la siguiente imagen.



### **5 Tercera parte (10 minutos)**

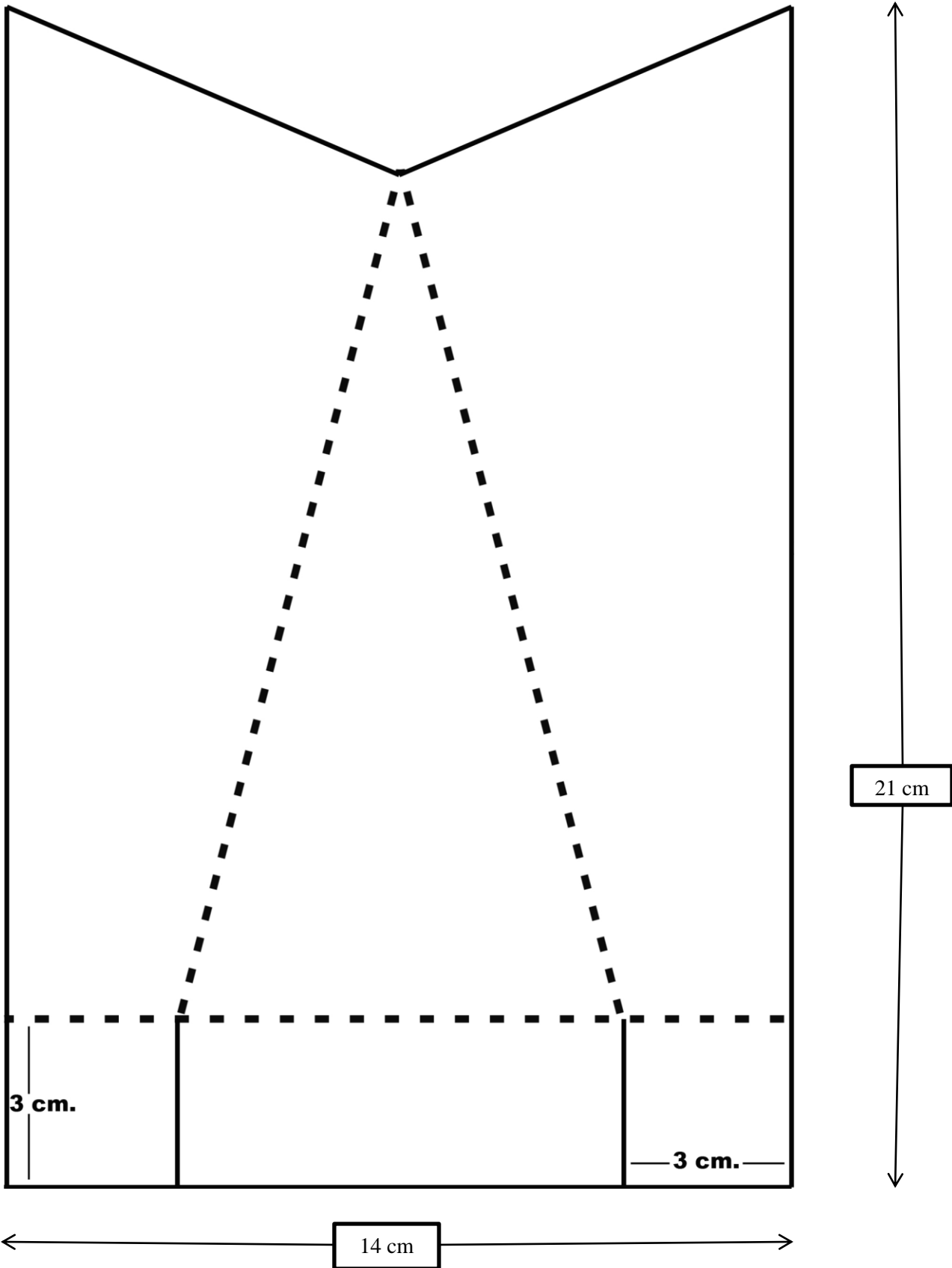
En esta parte los participantes ponen a prueba su barco y discuten sobre su construcción. Se introduce agua por un pitillo del barco hasta que salga por el otro, una vez ocurre esto se tapan ambos pitillos con los dedos destapándolos cuando estos estén bajo el nivel del agua de una tina o del lugar donde tengan la posibilidad de probar los barcos, posteriormente se enciende la vela y se aprecia al barco funcionar.

Mientras se realizan las pruebas se discute sobre la construcción y sobre el rol que ellos consideran desempeña cada parte de su barco. Finalmente pídeles que piensen una manera de explicar cómo funciona la máquina y haga hincapié en los momentos de la discusión en que se generen conceptos relacionados con el calor y la presión para motivarlos a indagar más sobre ellos.

Finalmente proponga iniciar la siguiente sesión en un lugar donde sea más factible el funcionamiento de los barcos esta sugerencia se da para realizar una pequeña competencia donde premie al barco más rápido, al mejor diseñado, y a la persona o grupo que los participantes consideren pudo hacer uso de su barco de mejor manera para explicar mejor su funcionamiento.

El desarrollo de las máquinas de vapor hasta la máquina de vapor de James Watt

Actividad 2



# Anexo D: Documento guía de la tercera actividad

## IMPACTO DE LA MÁQUINA EN LA CIENCIA

### INTRODUCCIÓN

En esta actividad se aborda directamente como la máquina de vapor contribuyó al avance de la ciencia. Con este fin se presenta una breve línea del tiempo de lo que fue el estudio de las máquinas de vapor, principalmente las de Watt, y que nociones científicas se vieron involucradas en él. Además se da a conocer un poco a lo que se refiere con la eficiencia de una máquina para que los participantes creen sus propias conclusiones de porque esta máquina llegó a ser relevante en la sociedad.

Esta actividad también aclara cuales son los diferentes tipos de máquinas de vapor y da cuenta del funcionamiento del barco pop pop

Nuevas palabras clave: eficiencia, potencia motriz, temperatura.

### EQUIPO REQUERIDO

**Parte 1:** ningún material especial

**Parte 2:** video beam o tablero

### PROPUESTA DE DESARROLLO

#### 1a Introducción y síntesis (10 minutos)

Esta tercera actividad es la primera en desarrollarse en un día diferente que las dos anteriores por lo cual es necesario sintetizar lo ocurrido en la sesión anterior y presentar lo que se realiza en esta sesión. Para lograr la síntesis pida ayuda a los participantes, propóngales que

ellos mismos señalen lo que recuerdan y que se ofrezcan a hacer, por los grupos que trabajaron la sesión anterior, una exposición de uno o dos minutos lo que se realizó la sesión anterior. Esto además le permitirá al tallerista evaluar el resultado de la divulgación que se realizó previamente. Posteriormente menciónales las actividades a desarrollar.

#### 1b Comienzo de la actividad: competencia de barcos (20 minutos)

Si en la sesión anterior se acordó con los participantes realizar la competencia con los barcos de vapor este es el momento de hacerla.

En primer lugar pida a los participantes que muestren sus barcos y expliquen las modificaciones o decoraciones que le hayan realizado en el caso de que lo hayan hecho y pida que voten por el que consideren esta mejor diseñado de acuerdo al tema que se ha estado presentado. Si ha decidido entregar un premio dáselo al ganador.

A medida que cada participante vaya ubicando su barco en el agua pídale que explique cómo funciona este y pídale a todos que tengan en mente las explicaciones dadas.

Continúe realizando la competencia en el agua, acuerden la distancia a recorrer y preparen los barcos asegurándose de que estén funcionando. Luego pongan los barcos en posición y de la señal de salida; en el caso de que los barcos recorran su recorrido adecuadamente el premio corresponde al primero en llegar a la meta; en el caso de que los barcos se desvíen permita un tiempo de observación y entregue el premio al que se haya acercado más

## **2 tipos de máquinas de vapor (5 minutos)**

Ahora que los participantes al taller han escuchado y visto algunas máquinas explique de manera breve que existen fundamentalmente dos tipos de máquinas de vapor, las de desplazamiento positivo o embolo y las turbo máquinas o turbinas de vapor. Aproveche el tiempo de la exposición para resaltar los cambios a nivel social que implicó el uso de estas máquinas, valla más allá que sus usos como lo hizo en la sesión anterior y trate de describir el entorno social de la época en que se popularizó la máquina de vapor de James Watt.

## **3 primera parte. (20 minutos)**

En esta parte de la actividad se realiza el análisis de un grupo de imágenes las cuales presentan personajes históricos que en relación a su reflexión acerca de las máquinas de vapor de James Watt realizaron un aporte a la ciencia. Considero conveniente realizar esta parte teniendo en cuenta a Sadi Carnot, Emile Clapeyron James Prescott Joule, William Thomson y Rudolf Clausius.

El grupo de imágenes se compone de una sección en el salón dedicada a cada personaje de los anteriormente mencionados. En cada sección debe haber: una fotografía del personaje, una imagen representativa de sus teorías, una frase significativa relacionada con el tema que se está abordando una bandera que represente el lugar de su nacimiento y un objeto que haga alusión a su personalidad o legado.

Gran parte de la información requerida para la llevar a cabo esta parte de la actividad puede consultarla en el documento “la termodinámica de Carnot a Clausius” el cual puede ser visualizado en este enlace: <http://casanchi.com/fis/termodinamica01.pdf>. esto será de utilidad para que los participantes del taller puedan solamente contrastar sus puntos de vista con las que se

tenían en otras épocas en lugar de sentir que ya existe una respuesta correcta que deben memorizar. Debe aprovechar esta oportunidad para señalar que quienes construyen el conocimiento en la ciencia son personas tal como lo son los asistentes al taller; esto con el fin de seguir motivándolos a conocer más acerca de la ciencia y la tecnología

Finalice esta parte de la actividad utilizando algo de la información presentada junto con las explicaciones sobre el funcionamiento del barco pop pop realizadas por los participantes y las presentes en otros documentos para iniciar una conversación con los participantes en la cual elegir cual es la explicación que merece el premio.

## **4 segunda parte (10 minutos)**

Para esta sección de la actividad charle con los participantes sobre cómo la máquina de vapor pudo tener algún rol en Colombia en la era de su auge tratando de situarlos de una manera aún más cercana a ella, para esto puede aprovechar el ejemplo de la locomotora de vapor. si necesita información sobre este tema puede consultar el documento “la tecnología mecánica y su ingreso a Colombia” disponible en el enlace [http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_25/95/25\\_3-267.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_25/95/25_3-267.pdf) aunque realmente no es necesario, lo ideal es que entre todos especulen para que cada participante decida buscar individualmente su información concreta. Además cree una discusión en la que inicie el cierre del taller conversando sobre las opiniones y concesos de los participantes; pregúnteles si hay algo que ellos quieren saber sobre el tema que aún no haya sido expuesto de tal manera que pueda vincularlo en la siguiente actividad, la cual es la última.



# Anexo E: Documento guía de la cuarta actividad

## NOSOTROS ENTRE MÁQUINAS

### INTRODUCCIÓN

En esta actividad se busca que los participantes al taller conozcan que es de las máquinas de vapor en la actualidad y sobre cómo son vistas, además se debe realizar el cierre del taller. La actividad de dar a conocer a los participantes el derivado de las máquinas de vapor para la actualidad además de explicarles cual es el uso de dichas máquinas en la actualidad, también se enfoca en brindarles alguna información sobre herramientas o partes diseñadas para las máquinas de vapor, que en la actualidad se sigan usando así sea en otro tipo de máquinas. Por otro lado en el campo de cómo es vista la máquina de vapor en la actualidad se muestra la imagen que se tiene sobre ella por las personas en campos como la literatura, la educación y el arte. Finalmente para el cierre del taller se espera poder despedir de buena manera a los participantes proponiéndoles como se ha hecho en todo el taller que decidan profundizar por ellos mismos en su conocimiento sobre la ciencia y la tecnología.

Nuevas palabras clave: engranajes, turbinas de vapor.

### EQUIPO REQUERIDO

**Parte 1:** ningún material especial requerido

**Parte 2:** Proyector, computador, video “Invention of Love”

**Parte 3:** ningún material especial requerido

**Parte 4:** ningún material especial requerido

### PROPUESTA DE DESARROLLO

#### **1 introducción de la actividad (5 minutos)**

Tal como en la sesión anterior debe iniciar señalando el cambio de actividad. También dé lugar a las inquietudes que hayan surgido en la actividad anterior. Exponga como existen diversas formas de ver las máquinas de vapor en el contexto actual.

#### **2 Organización de los grupos (5 minutos)**

Nuevamente se realiza una actividad en grupo por lo cual es necesario que se organicen los participantes

#### **3 Primera parte (10 minutos)**

Realice una charla en la que exponga el uso actual de la máquinas de vapor, los casos en los que puede hacer énfasis son las centrales nucleares y los sistemas de calefacción acuatubulares y pirotubulares. Además

mencione como las diversas piezas que son usadas para muchas de las máquinas utilizadas en la actualidad fueron inicialmente diseñadas para usarse en máquinas de vapor como algunos tipos de engranajes y el regulador centrifugo desarrollado por Watt.

#### **4 segunda parte (20 minutos)**

La actividad sobre la presentación para dar a conocer como es vista la máquina de vapor en la actualidad consiste en una narración mediante el uso del video "Invention of Love". Dicho video está disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=UGV9qcBbK0I> y es una historia de ficción con ella se espera en primer lugar atraer la atención del público; con este video además se quiere que los participantes a la actividad evidencien diferentes componentes de las máquinas de vapor y las relacionen con los componentes que se hayan mencionado en el transcurso del taller. Para lograr los objetivos deseados con el video se tienen que realizar pausas que permitan interpretar la situación y centrar la atención en los asuntos a los que se les debe dar énfasis.

#### **5 Tercera parte (10 minutos)**

En los grupos que se han organizado se discutirán los puntos del video en los que se han hecho énfasis. Para esto pídale a los participantes que traten de ponerse en el rol del creador y respondan a las preguntas ¿Cuál es el mensaje del video? ¿Porque usar este medio para transmitir

dicho mensaje? ¿cree que lo que refleja en el video se asemeja de alguna manera a el contexto en el que vivimos?.

Converse con ellos en relación a sus respuestas y expóngales a los participantes como no solo se desarrollan muestras de la máquina de vapor en esta clase di videos sino además en literatura de ciencia ficción, o en el contexto educativo como lo ha sido este taller.

#### **6 cierre del taller (10 minutos)**

Es momento de realizar el cierre del taller. Para esto inicie agradeciéndoles a todos por su participación dese un momento para aclarar los aspectos sugeridos por los participantes al finalizar la actividad anterior, en el caso de no haberlo hecho. Proponga preguntas sobre otros desarrollos tecnológicos y científicos a los participantes del taller para que tengan un punto de partida en donde seguir profundizando sus conocimientos y retroalimente con las opiniones de los participantes el desarrollo del taller. Pregúnteles como les pareció el taller, como lo mejorarían, y realice preguntas sobre algunos de los temas abordados. Pídeles que señalen algunos de los consensos alcanzados en el transcurso del taller como el funcionamiento del barco pop pop, los que conceptos que deben ser pensados para hablar en relación a las máquinas de vapor, cómo influyen los desarrollos tecnológicos y científicos en su vida, o porque ellos consideran ahora que es importante la ciencia y la tecnología.

# Anexo F: Máquinas de vapor atribuidas a Herón de Alejandría

Libaciones en un altar producidas por el fuego



Imagen tomada de: <http://www.librosmaravillosos.com/neumatica/imagenes/11.jpg>

Las puertas del templo se abren por el fuego en el altar

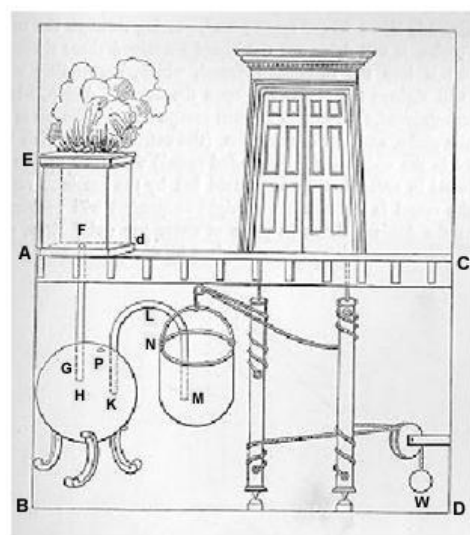


Imagen tomada de: <http://www.egiptomania.com/ciencia/imagen/puerta1.gif>

Un chorro de vapor que sostiene una esfera



Imagen tomada de (Suárez, 2011)

El baile de las figuras mediante el fuego en el altar

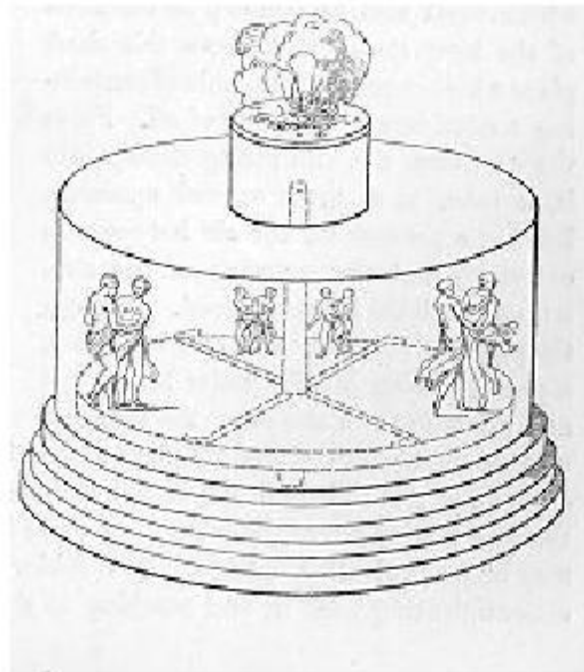
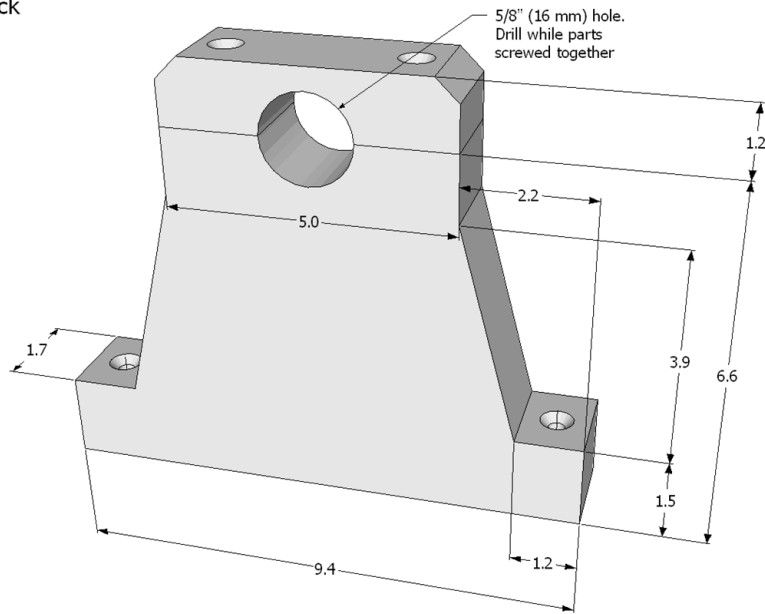


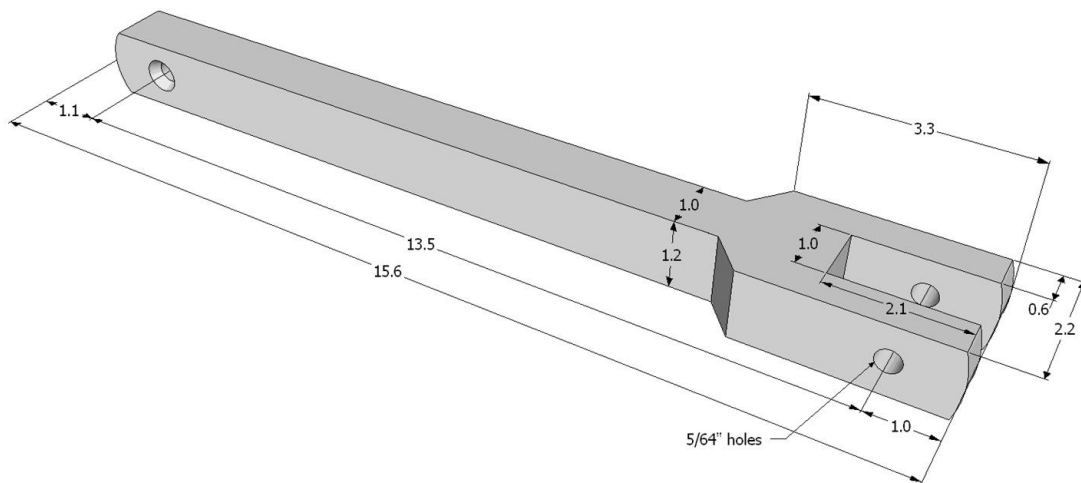
Imagen tomada de (Suárez, 2011)

# Anexo G: Planos comprados para la construcción del prototipo de la máquina

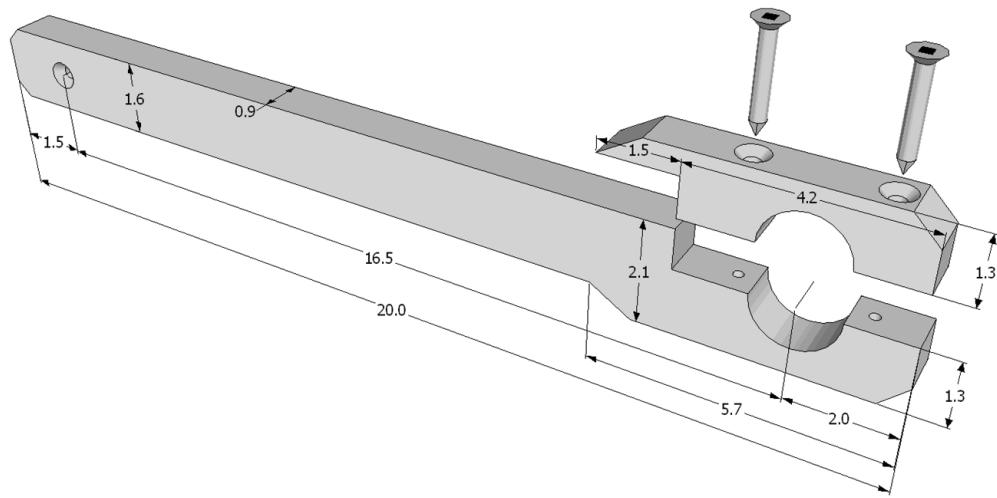
Bearing block



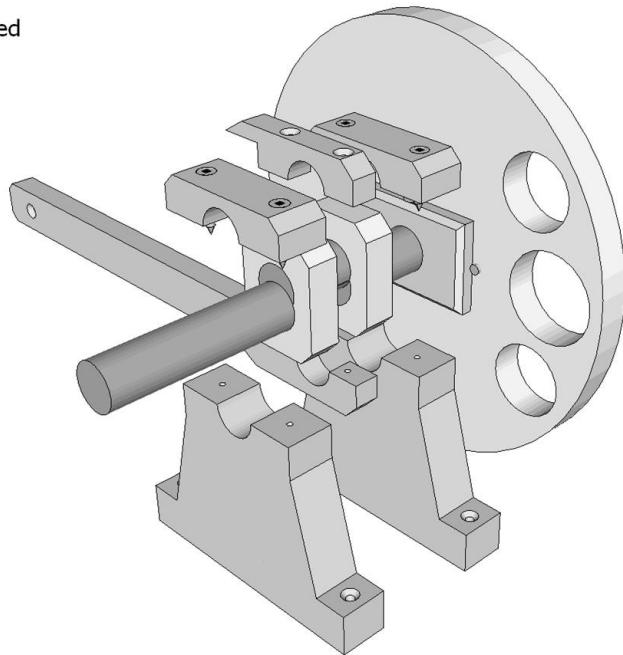
Connecting rod



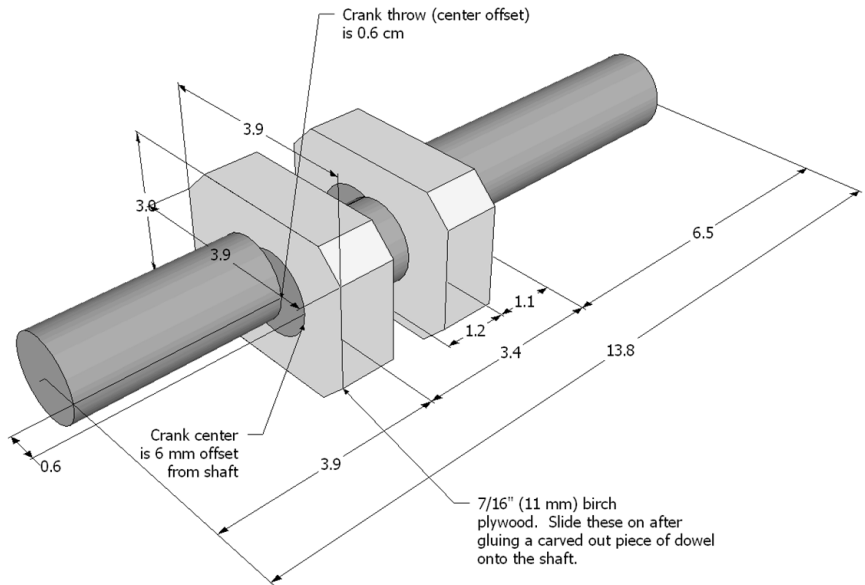
Control rod



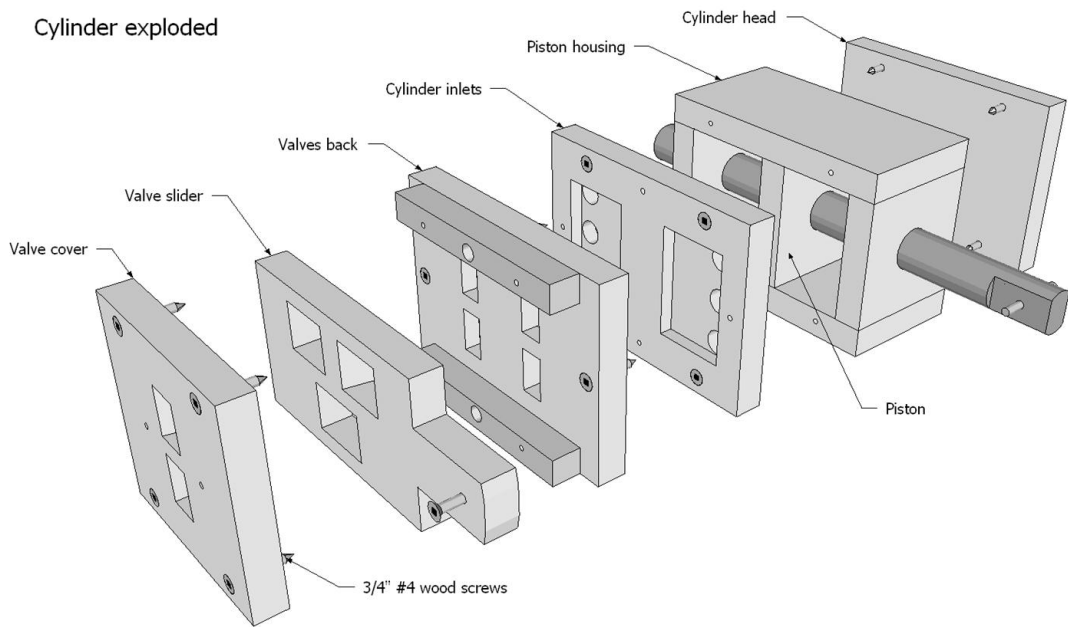
Crank exploded



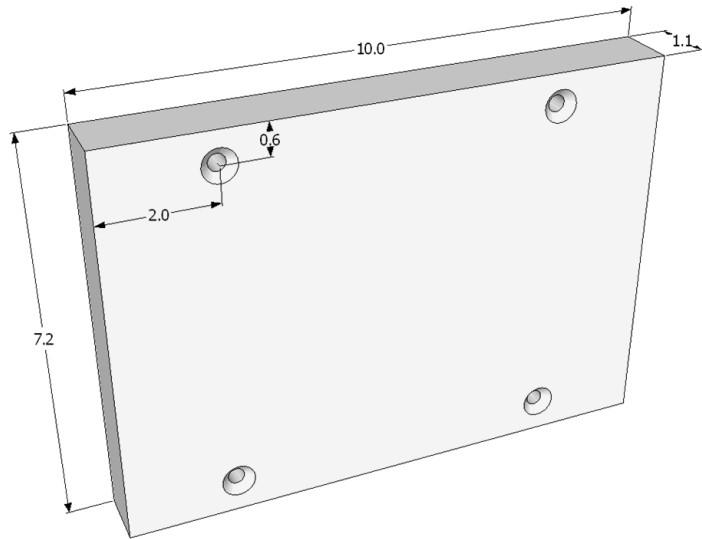
### Crankshaft



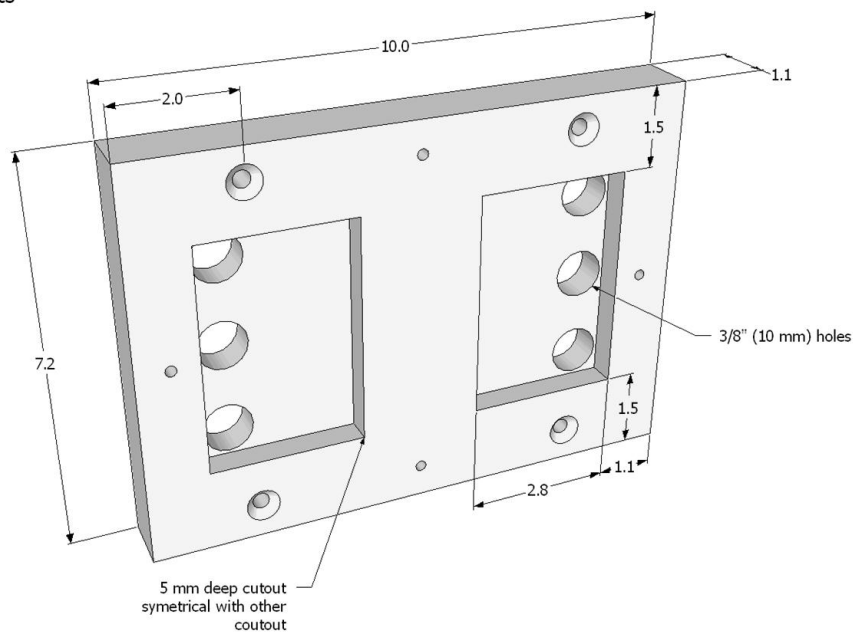
### Cylinder exploded



Cylinder head

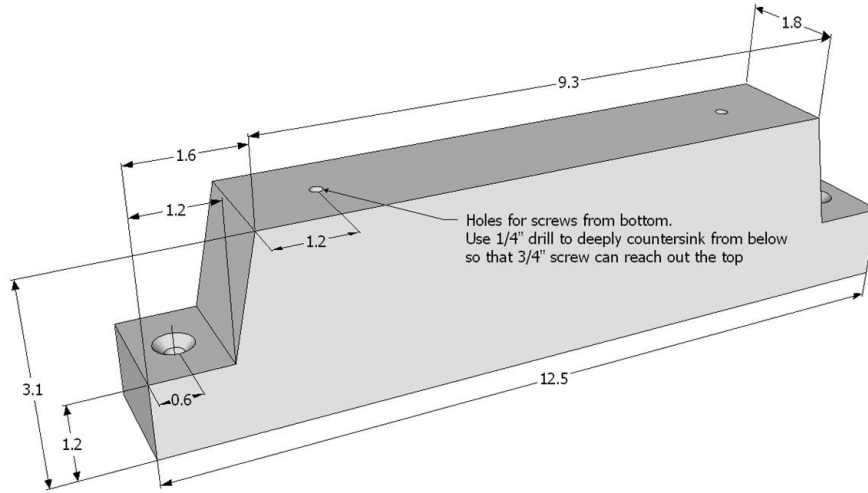


Cylinder inlets

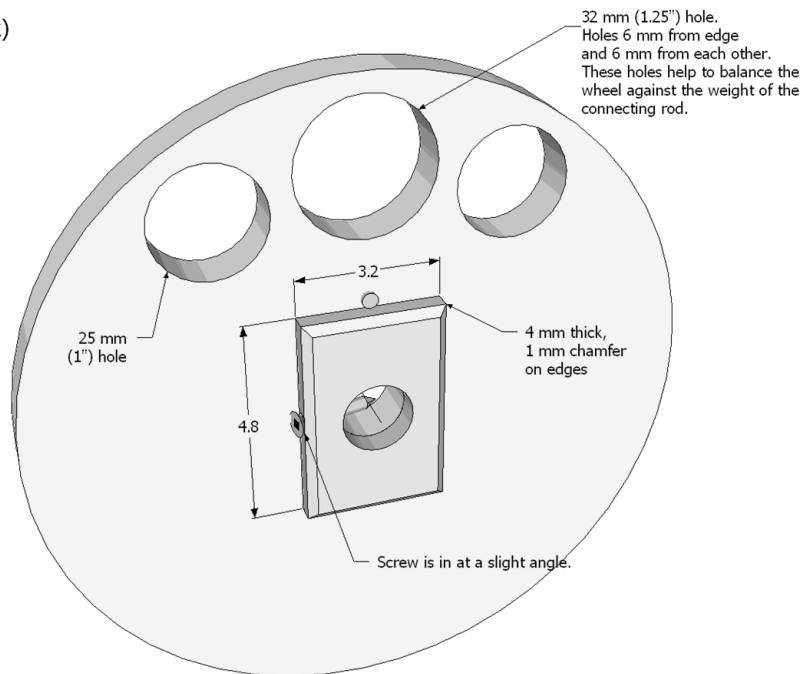




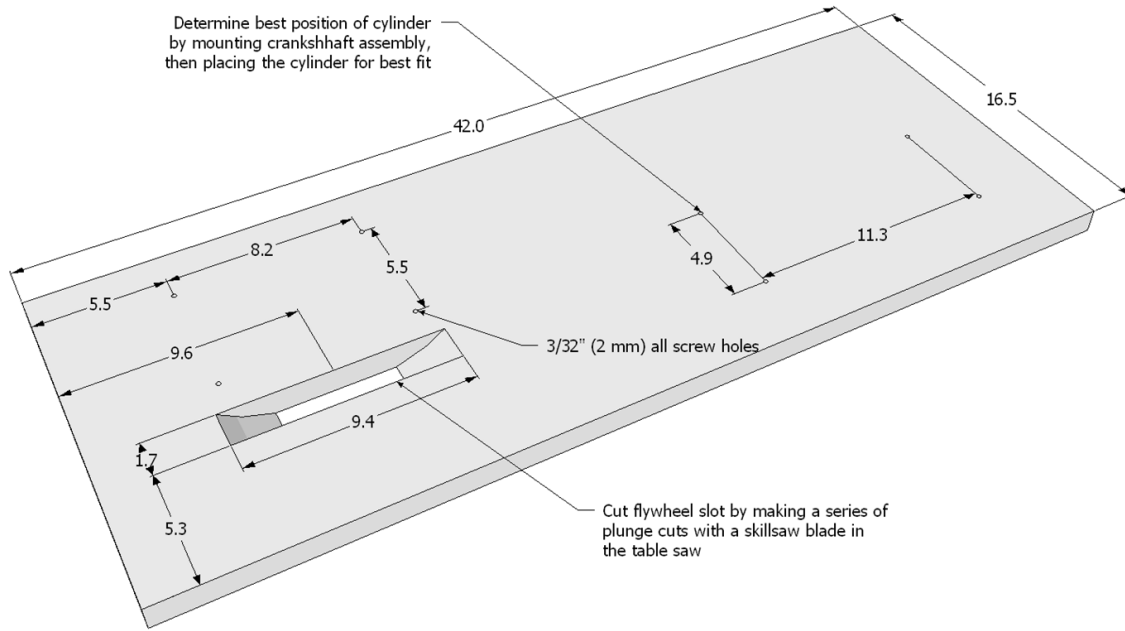
Cylinder mount



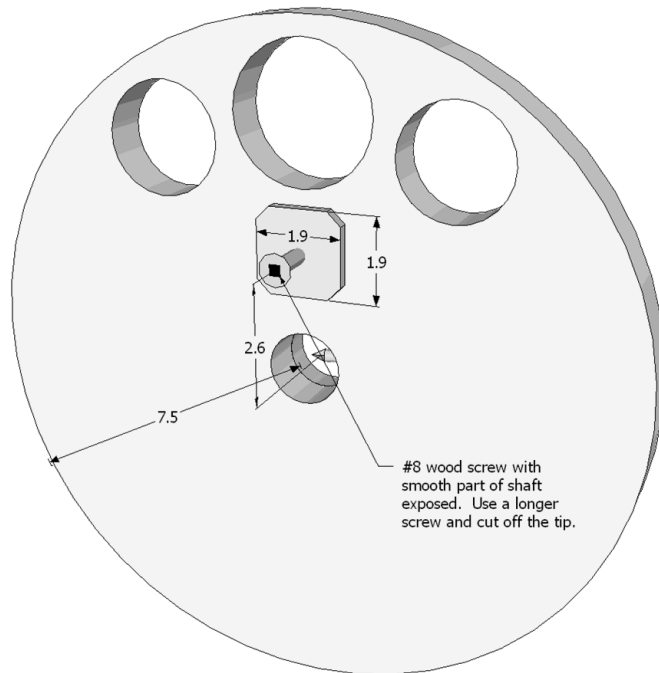
Flywheel (back)



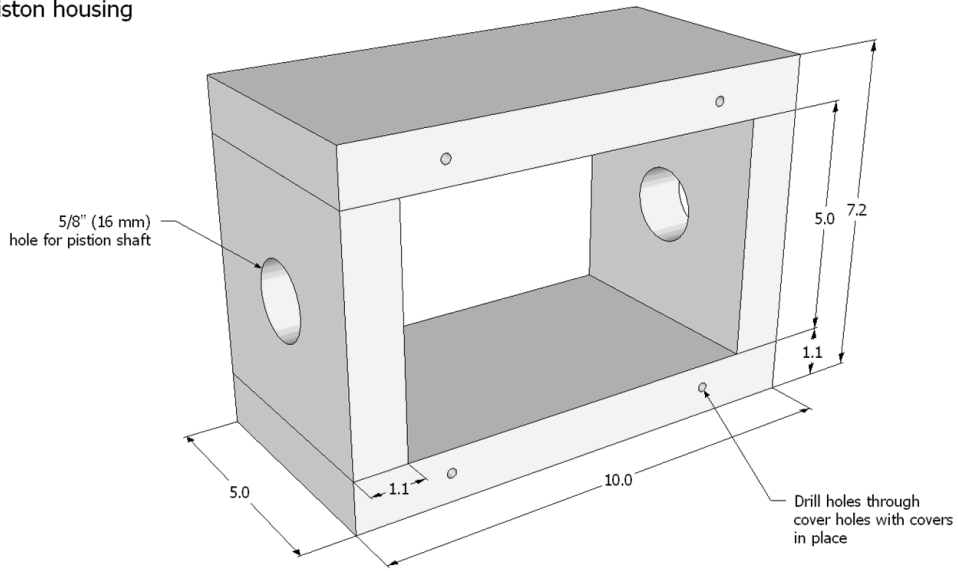
## Baseplate



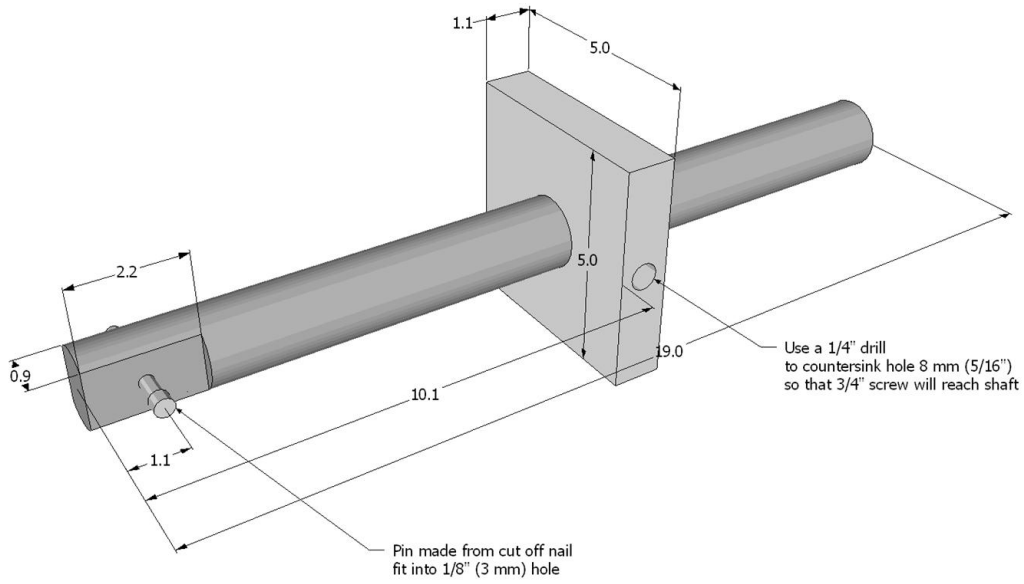
## Flywheel (front)



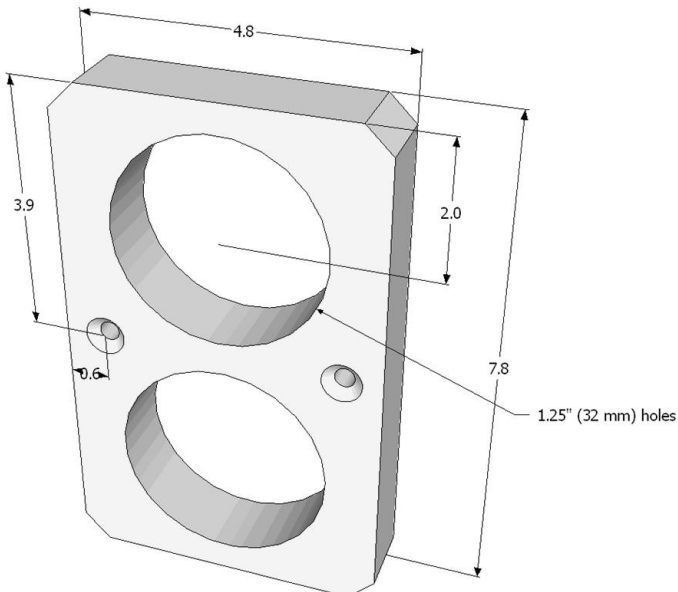
### Piston housing



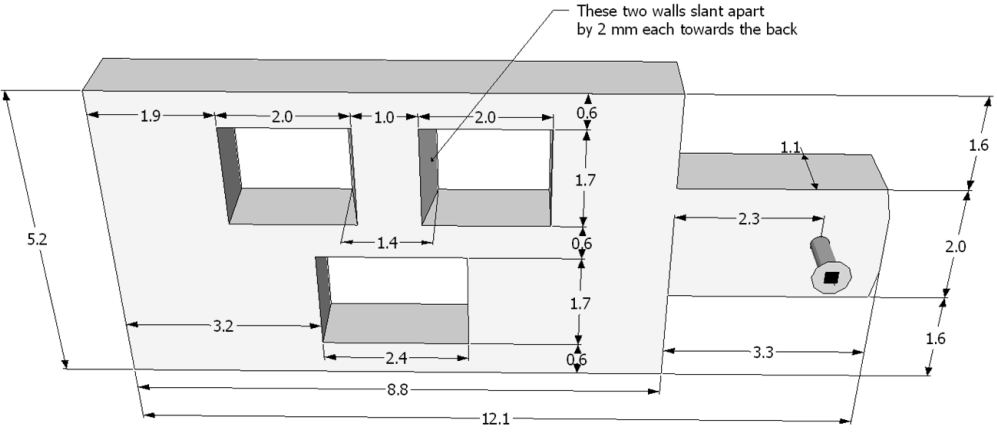
### Piston shaft



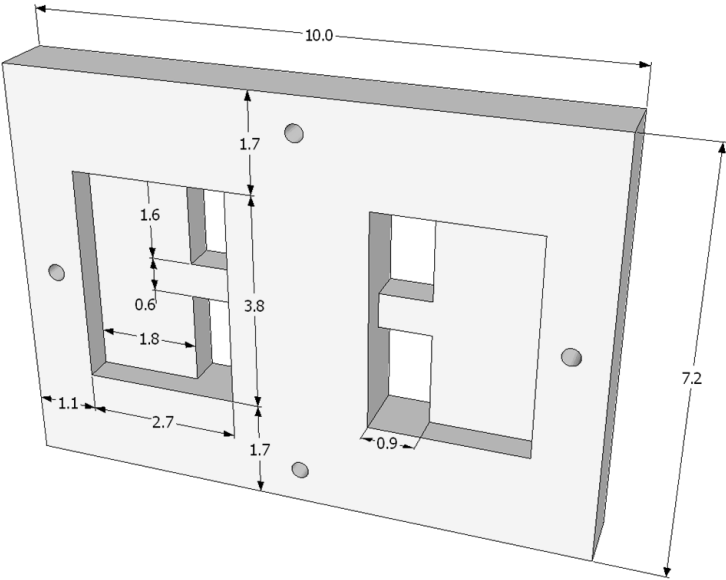
Vacuum adapter



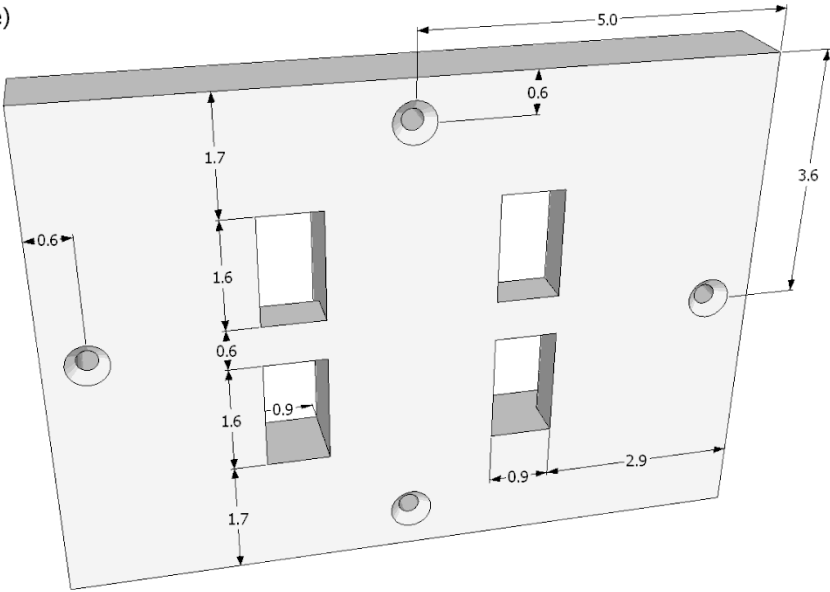
Valve slider



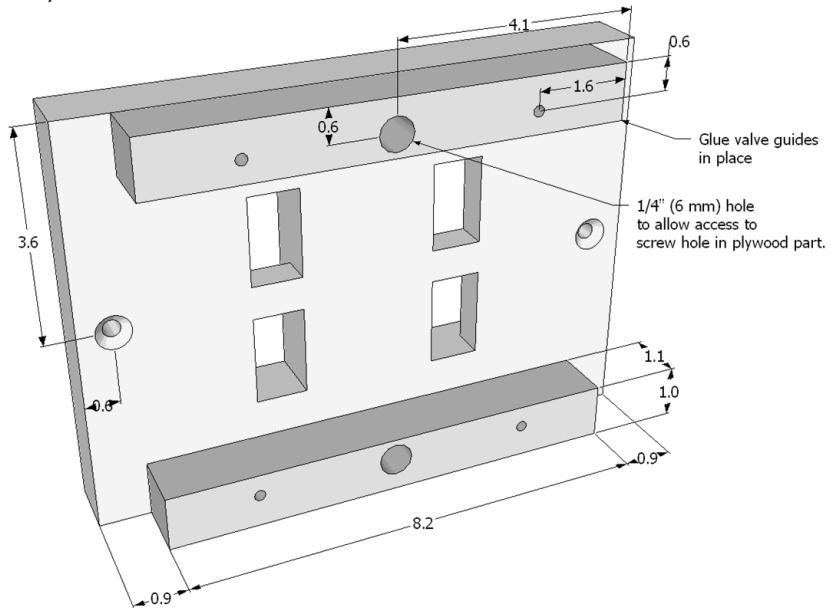
Valves back  
(piston inlet side)



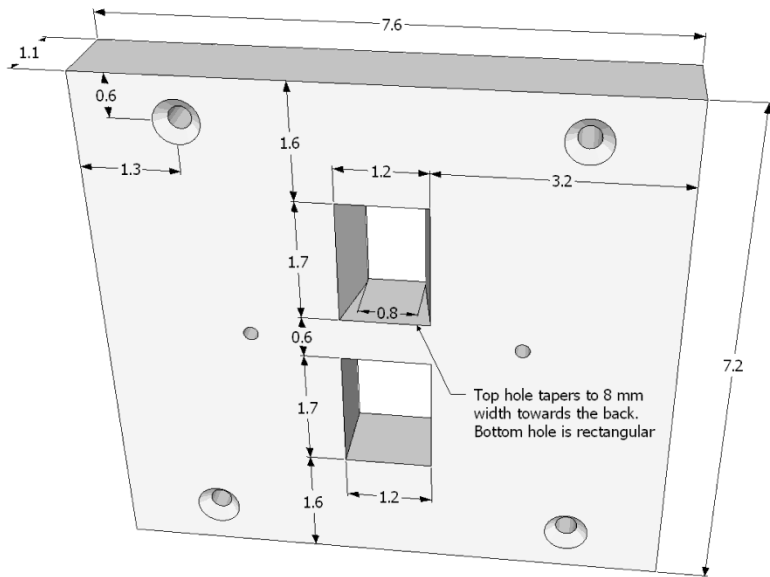
Valves back  
(valve slider side)



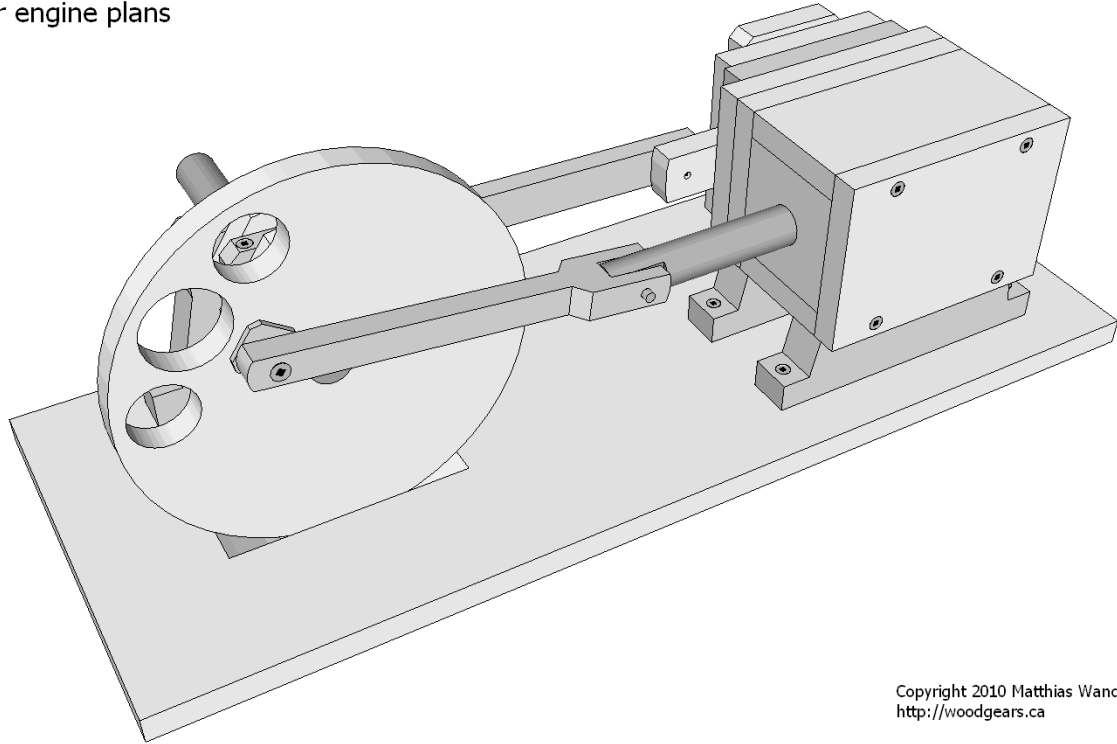
Valve back assembly



Valves outside cover



Air engine plans



Copyright 2010 Matthias Wandel  
<http://woodgears.ca>

