

Diseño y construcción de un trabuco medieval a escala

José Luis Phan Lau | jphan@pucp.edu.pe

El presente artículo explica el ABP que realizan mis alumnos del curso de Física 1 en la Universidad y se incluyen sugerencias de cambios para aplicarlo a otros cursos.

El trabuco fue un arma de defensa y de asedio diseñada por los chinos hacia el siglo VI de la era cristiana. Su capacidad de destruir muros de castillos antes de la invención de las armas de fuego lo convirtieron en un arma temible. Era inclusive superior a los cañones hasta el siglo XV. La última vez que se usó fue durante la conquista de México¹.

La idea de desarrollar el trabuco surgió de un proyecto escolar de mi hijo, quien deseaba construir un aparato a escala. Mientras pensaba en explicarle algunas propiedades físicas del trabuco, caí en la cuenta de que diseñar dicho aparato incluía todos los capítulos del curso de Física 1, y de que los estudiantes de la Universidad estaban familiarizados con dicho equipo, porque aparece en el juego Age of Empires II como lanza piedras.

El proceso de diseñar el proyecto empezó con una exhaustiva búsqueda en Internet de toda la información disponible acerca del trabuco y de cómo diseñar uno. Después de una búsqueda de seis meses pude resumir la información disponible en tres categorías:

- Descripción de los tipos de trabuco empleados en la historia
- Instrucciones para construir un trabuco con ciertas características
- Programas para calcular el alcance de un trabuco



El primer diseño de trabuco que acertó un blanco colocado horizontalmente sobre el piso a 10 metros de distancia. La bolsa de tela contiene pesas de gimnasia.

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Trebuchet>

Con esto, tomé la decisión de que los alumnos deberían encontrar información de tres tipos de trabuco empleados en el pasado y escoger uno de esos diseños para construir uno a escala que permitiera cumplir con los requisitos de alcance y materiales permitidos. Tuve cuidado de asegurarme de que los requisitos de alcance no coincidieran con los que se encontraban en Internet. Conforme ha avanzado el tiempo, se han venido variando los requisitos del diseño del trabuco para evitar la posibilidad de que algún diseño exitoso del pasado pudiera ser reutilizado. Dichos cambios han consistido esencialmente en cambios del proyectil, la disposición del blanco y el número de intentos.

El proyectil inicialmente era una billa de acero de 10 mm de diámetro y el blanco era una sección rectangular dispuesta sobre una superficie horizontal. Los alumnos disponían de dos intentos para llegar al blanco. La billa presentaba dos inconvenientes importantes. Por un lado, su tamaño hacía que fuera casi invisible para una cámara a más de cinco metros. Luego, los alumnos se ponían en la trayectoria del proyectil para recibirlo en la mano y, en caso de que el proyectil impacte ciertas partes del cuerpo, podía provocar una lesión seria. En las últimas versiones de la tarea, el proyectil es una pelota de tenis de campo y el blanco es una pantalla en posición casi vertical. Los alumnos deben hacer pasar el proyectil por unos agujeros que se encuentran en la pantalla y el número de intentos exitosos deben ser tres de siete.

Estas últimas condiciones se deben a que un trabuco bien construido siempre lanzará un proyectil a la misma posición. Por lo tanto, si aciertan una vez, deben acertar los siguientes tiros.



El último diseño de un trabuco exitoso. El alumno lo diseñó de forma que fuera desarmable. En el balde, se colocó arena como contrapeso.

Disposición del blanco en la última versión. Los círculos de color anaranjado son agujeros de 20 cm de diámetro por donde puede pasar la pelota de tenis.



He intentado hallar la existencia de una correlación entre los alumnos que participan en el diseño de un trabuco y la solución que estos proponen a preguntas que impliquen la dinámica de un sólido rígido. En una primera ocasión, el 50% de los alumnos que participaron en el diseño del trabuco contestaron correctamente una pregunta de dinámica de un sólido rígido,

mientras que todos los alumnos que no participaron fueron incapaces de contestar la pregunta. Sin embargo, el número de casos que tuve fue demasiado pequeño como para poder hacer una inferencia válida.

En conversaciones sostenidas con los alumnos líderes de sus grupos en el diseño y construcción de los trabucos, ellos siempre han comentado que el proyecto no es trivial en su diseño y que, aunque los principios físicos del trabuco son bastante simples, un diseño exitoso requiere de un esfuerzo por parte de todo el grupo y que, en ese trabajo, es que aprenden los principios del curso de Física 1.

Mejoras que se pueden implementar en el proyecto actual del trabuco:

- a) Emplear una pelota de ping pong para aumentar la dificultad del proyecto, al añadir el problema del efecto del viento sobre el proyectil
- b) En vez de una competencia de precisión, convertirla en una competencia de quién consigue mayor alcance (Hay que tomar en cuenta que no todos los trabucos son iguales y que aquel que tiene menos masa es más eficiente.)
- c) En vez de emplear energía potencial gravitatoria, emplear energía potencial elástica, y convertir el trabuco en una catapulta o una balista.

Anexo: Material para el alumno

Diseño y construcción de un trabuco medieval a escala

El objetivo del proyecto es diseñar y construir un trabuco medieval a escala que cumpla una serie de especificaciones que se detallan más adelante. Para validar el diseño, los alumnos deberán demostrar que pueden alcanzar un blanco colocando el trabuco en una posición fija y acertarle a los agujeros del blanco.

Especificaciones de diseño

1. El trabuco debe ser capaz de lanzar una pelota de tenis de campo (de color verde), a una distancia de 15 metros. La distancia se mide desde la proyección vertical del eje del trabuco sobre el suelo hasta el comienzo del blanco.
2. El blanco será una pantalla que estará inclinada sobre el suelo entre 70° y 80° . Las dimensiones de la pantalla son aproximadamente de 20 cm de diámetro por donde deberá ingresar la pelota.
3. La construcción debe ser realizada en madera, la cual será unida mediante pegamento o clavos. Solo se permitirá el uso de metal para los ejes o lastre.
4. No se permitirá el uso de elementos externos como bancos, mesas, sillas ni cualquier objeto adicional no previsto en el diseño original.

Tareas específicas que deben realizar los alumnos

1. Buscar bibliografía apropiada
 - a. Deben buscar los distintos tipos de trabuco que se han usado en el pasado. Deben conocer por lo menos tres de ellos con cierto nivel de detalle.
 - b. Presentar un informe con los diversos tipos de trabuco (10 puntos). No olvidar la forma correcta de señalar las fuentes. **La omisión de este paso se considerará plagio.**
2. Seleccionar el tipo de trabuco más apropiado para el cumplimiento del objetivo del proyecto (10 puntos).

- a. Deben buscar el diseño que permita, en el tiempo disponible, cumplir las especificaciones del diseño. Deberán decidir las dimensiones del brazo del trábucO, la posición del eje, su altura respecto del piso y el ángulo de lanzamiento. Se recomienda que el diseño sea lo más simple posible. Deberán justificar su elección y enviar esta decisión al profesor.
3. Con el tipo de trábucO que han escogido, deberán determinar la trayectoria y velocidad con la que el proyectil debe ser lanzado para dar en el blanco. Deberán elaborar una tabla (20 puntos) donde esté tabulado el ángulo de disparo del trábucO y la posición de la pantalla donde impactará.
 - a. No olvide que el blanco es una pantalla inclinada sobre el piso con un ángulo aproximado de entre setenta y ochenta grados. Haga la tabulación para que el proyectil pueda barrer cualquier posición de la pantalla cada diez centímetros. La tabla con los ángulos de la velocidad inicial y los puntos en la pantalla en donde dará en el blanco deberá ser enviada por correo electrónico al profesor.
4. Empleando métodos de trabajo y energía, deberán calcular el valor del contrapeso requerido para que el trábucO pueda lanzar los proyectiles con la velocidad calculada en el paso 3 (20 puntos). Los cálculos deberán ser enviados por correo electrónico al profesor.
5. Demostración de que cumple con las especificaciones de diseño:
 - a. Este paso se efectuará en un lugar a ser designado en la Universidad en donde se demostrará que se puede acertar al blanco. La fecha de realización de esta tarea será el día de la práctica dirigida. Ese mismo día, deberán entregar un informe (60 puntos) donde estén todos los cálculos de su diseño.
 - b. Cada grupo dispondrá de diez minutos para instalar su equipo y hacer un total de siete tiros. Los primeros dos tiros **NO CONTARÁN Y SE CONSIDERARÁN DISPAROS DE PRUEBA**. De los cinco restantes, se debe acertar por lo menos en tres agujeros del blanco para considerar que el diseño es exitoso (80 puntos).
 - c. Solo puede haber un grupo ganador. Se tomará en cuenta el total de blancos acertados y la calidad del informe del diseño del trábucO.

ADVERTENCIA:

No emplee conglomerado de madera ni otros tipos de material que empleen desechos de madera para formar tablas. Estos materiales **NO RESISTEN** las fuerzas a las que van a ser sometidos. Asimismo, al perforar un agujero en una viga de madera, debe haber por lo menos 1 cm de distancia del borde del agujero a las paredes de su viga o la tabla, o el elemento **SE PARTIRÁ**.

Se recomienda que los alumnos empiecen la construcción del trábucO inmediatamente después de haber calculado el contrapeso para que puedan tener tiempo en caso de que tengan que hacer alguna modificación importante a su diseño inicial.