

Cálculo de consumo de material por longitud y anidado de corte mediante hoja de cálculo

Miguel Ángel - ZAMARRIPA MUÑOZ, Gerardo - BRIANZA GORDILLO, Christian Irving Enrique - RODRÍGUEZ GONZÁLEZ.

^a Universidad Tecnológica de Aguascalientes, Blvd. Juan Pablo II 1302 Fracc. Exhacienda La Cantera C.P.20200, miguel.zamarripa@utags.edu.mx, Aguascalientes, Ags. México.

^b Universidad Tecnológica de Aguascalientes, Blvd. Juan Pablo II 1302 Fracc. Exhacienda La Cantera C.P.20200, gerardo.brianza@utags.edu.mx, Aguascalientes, Ags. México.

^c Universidad Tecnológica de Aguascalientes, Blvd. Juan Pablo II 1302 Fracc. Exhacienda La Cantera C.P.20200, crodriguez@utags.edu.mx, Aguascalientes, Ags. México.

Resumen

En el desarrollo de un proyecto del área metal-mecánica existe una amplia gama de materiales que se pueden emplear para solucionar una necesidad en específico. Regularmente existen tres grupos de materiales en un diseño: los materiales que se compran por longitud, los que se encuentran en medidas descritas por largo y ancho (como lo son las placas de acero), y por último, el equipo comercial. Este estudio se enfoca al primero de ellos, y el objetivo es tener un consumo de material rápido mediante la información obtenida del software de diseño 3D y procesarla mediante una hoja de cálculo para obtener los consumos totales de material y una lista con el acomodo de piezas para el corte. La hoja de cálculo clasifica, organiza y calcula el consumo de la materia prima de estos materiales obteniendo así una lista rápida de compra, considerando las pérdidas de material por el corte (caso de corte en sierra cinta) y consideraciones de maquinados de las piezas. Los resultados son satisfactorios reduciendo el tiempo para la generación de la lista de compra de material, ya que un análisis de este tipo que regularmente puede tomar varias horas de trabajo, se reduce a prácticamente unos cuantos minutos. Considerando que los programas dedicados a realizar este tipo de análisis son muy costosos, esta hoja de cálculo proporciona una solución rápida y efectiva para cubrir la necesidad.

Consumo, Longitud, Materiales, Proyecto

Abstract

In mechanical project development, there is a wide range of materials can be used to solve a specific need. Usually there are 3 groups of materials in design: materials purchased by length, those that are measured by length and width (such as steel plates) and finally, purchased parts (such as screws, bearings, pneumatic equipment, linear guides, gears, sprockets, hydraulic equipment, etc.). This study focuses on the first one, and the objective is to have a quickly raw material consumption through information extracted from 3D design software and process it using a spreadsheet to obtain total material consumption and a cutting list for arrangement in complete pieces. This spreadsheet classifies, organizes and calculates raw material consumption, getting in this way a

quickly purchase parts list, considering material losses due to kerf (band saw cutting) and machining considerations (such as "to face" on lathe). Results are satisfactory by reducing the time of purchase parts list generation, since an analysis of this type can takes several hours and under this method, it can be reduced on a few minutes. Assuming that software dedicated for this kind of analysis is very expensive, this spreadsheet provides a quick and effective solution to satisfy the need.

Consumption, Length, Materials, Project.

1. INTRODUCCIÓN

La herramienta desarrollada nace a partir de una necesidad en el área de diseño para transmitir información rápida y eficaz hacia el área de manufactura, como lo mencionan Tomiyama, Gu, Jin, Lutters, Kind & Kimura [4] "el enfoque industrial en el diseño de productos y sistemas es el diseño en sí mismo". En un departamento de diseño metal-mecánica, es muy recurrente realizar análisis de consumos de materiales, ya que de ello depende directamente el costo de lo que se está diseñando. Como lo menciona Askeland [1] "el costo de un material suele calcularse con base en su peso (costo por kilogramo)", el desperdicio de material es un factor primordial respecto al costo del proyecto. La materia prima con la que se desarrolla un diseño regularmente se puede clasificar en tres grupos: los materiales que se compran por longitud (por ejemplo, un tubo de cédula), los materiales que están acotados en largo y ancho, y por último las partes comerciales (tornillería, cilindros, rodamientos, engranes, catarinas, guías lineales, motores, etc.). Este estudio está enfocado al grupo de los materiales que se compran por longitud, y consiste en una hoja de cálculo donde se puede obtener un consumo de materiales rápido para identificar las longitudes totales de cierto material, o en el caso de que el proveedor solo venda piezas completas, la hoja obtiene el número de piezas que se debe adquirir para fabricar lo diseñado, además, en el caso de que la suma de la longitud de las piezas excedan la longitud del tramo, la hoja realiza un acomodo de las piezas para el corte en cada uno de los tramos completos (anidado de cortes) con el fin de reducir el desperdicio de cada tramo, y todo esto se lleva a cabo a partir de la interacción que tiene con una lista de partes obtenida del software de diseño 3D. Los análisis de consumo de material de una máquina o proyecto pueden resultar tardados dependiendo de la magnitud del diseño desarrollado, pero bajo éste método, se puede obtener una lista de todos los materiales a comprar (acotados por longitud) a partir de un ensamble 3D de una máquina o proyecto realizado. El principal beneficio de esta metodología radica en la reducción del tiempo que lleva realizar un análisis de consumo de materiales para la fabricación de un producto, proyecto o prototipo según sea el caso, así como obtener una lista de cortes de material enfocada a la reducción del desperdicio.

2. ANÁLISIS DE MATERIALES

Existe una gran variedad de materiales que se pueden adquirir por longitud, desde un material de sección transversal en redondo, cuadrado, hexagonal, etc., así como materiales estructurales como: Perfil Tubular Rectangular (PTR), vigas "I" Perfil Estándar (IPS), tubos de cédula, etc. Todos estos materiales poseen una sección transversal definida normalizada y pueden variar en longitud de acuerdo al proveedor y al tipo de material que se solicita, por lo que se tiene que considerar toda esta serie de variables al momento de seleccionar un material. Cabe mencionar que regularmente los materiales de este tipo se pueden conseguir con una longitud de 6 metros (que es la longitud estándar de muchos de los materiales que encontramos de manera comercial), pero no es una regla, las longitudes en este tipo de materiales es muy variable y es importante mencionarlo.

3. BASE DE DATOS

La hoja de cálculo posee una base de datos que se tiene que alimentar con la información del proveedor o los proveedores y con el departamento de diseño. Existen proveedores que poseen catálogos en donde se muestran materiales que se pueden conseguir solo bajo pedido especial y esto significa tiempos de entrega largos y, sobretodo en un precio mucho más alto de un material que sea de uso común (normalmente esta condición no la muestran los proveedores en sus catálogos). Considerando lo anterior, la base de datos recopilada con los diferentes proveedores sirve para filtrar estos casos y así poder decidir correctamente al momento de su selección. La información que se debe recabar con el proveedor es: Tipo de material, longitud de tramo y definir si el material se vende en cantidades menores al tramo, esto aplicándolo a cada tipo de material. Otra condición que se debe alimentar a la base de datos es en cuestión de diseño, esto radica en si el material seleccionado tendrá un proceso de maquinado después de haberse cortado, o solo se cortará en sierra cinta, esto para considerar la longitud consumida en el maquinado de estas piezas. Por otro lado, cabe mencionar que la base de datos generada está acotada en el sistema inglés, pero al tratarse de un análisis por medio de fórmulas, esta variable se puede ajustar a cualquier necesidad.

4. PROCESOS DE FABRICACIÓN

Cómo se mencionó anteriormente, es de vital importancia definir el tipo de fabricación al cual se someterá cada material en el proceso de manufactura para poder definir si se considera solo el consumo de material por corte, o bien, considerar un proceso posterior a esto, por ejemplo: Se realiza la selección de un material redondo para la fabricación de un perno, considerando que este material se va a cortar y posteriormente realizarle un maquinado en los extremos (careado) y sus respectivos chaflanes para su instalación, mientras que al seleccionar un PTR, normalmente se procede a cortar el material sin ningún proceso de maquinado posterior. De esta forma es importante definir para cada material si se realizará un maquinado posterior al corte y de

esta forma considerarlo en la base de datos de la hoja de cálculo.

5. INFORMACIÓN EXTRAIBLE DEL SOFTWARE 3D

La capacidad del software de diseño es muy amplia, cuando se realiza el modelo 3D de una máquina o proyecto es fácilmente extraíble una lista de partes donde se muestren solo las piezas contenidas en un ensamble sin importar su nivel jerárquico en cuanto a los ensambles y sub-ensambles generados en el diseño, en otras palabras, se puede solicitar al software una lista de "solo piezas", donde se muestren **números de parte, descripción, cantidad, longitud y material**. Además, en el modelado de cada parte, se debe agregar una variable que describa la longitud de cada pieza para poder mostrarla en la lista solicitada del ensamble principal. Esta lista de partes es fácilmente migrada a un formato de texto para poder utilizarla en la hoja de cálculo con un procedimiento simple de cortar y pegar la información en la hoja de cálculo. Es importante mencionar que el tipo de material que contenga cada pieza, debe tener exactamente la misma descripción de la que se usa en la base de datos de la hoja debido a que de esa manera se triangula la información y los vínculos para los cálculos.

6. METODOLOGÍA

➤ LISTA DE COMPRA

La información obtenida del programa 3D de diseño es extraída en formato de texto para posteriormente con un simple procedimiento de copiar y pegar la información en la hoja de cálculo, ésta nos indique los consumos de materiales que se requieren comprar para la fabricación de lo diseñado. La hoja clasifica, organiza y calcula el consumo de materiales, identificando si la compra mínima es de "n" cantidad de piezas (tramos completos), o bien, si el material se puede comprar por una longitud menor al tramo.

➤ ANIDADO PARA CORTE

Por otra parte, en el caso donde la suma de las longitudes de todas las piezas de un mismo material excede las dimensiones del tramo, entonces la hoja nos proporciona la opción de visualizar un acomodo de las piezas para evitar el desperdicio por un mal acomodo de los elementos para el corte. La hoja de cálculo está diseñada de tal forma que sea amigable para cualquier software de diseño, ya que la información que requiere es en formato de texto, permitiendo rastrear la información de cada pieza generada desde el modelo 3D a través de la lista de partes. En los siguientes pasos se muestra el procedimiento del análisis que realiza la hoja de cálculo:

Paso #1

En el cuadro 1, se muestra un ejemplo de lista de partes obtenida del programa de diseño 3D, en donde se aprecian materiales que se compran por longitud, materiales que se compran por hojas (largo y ancho) y por último una parte comercial.

Cuadro 1

Lista de partes obtenida del programa 3D.

| LISTA DE PARTES | | | | |
|--------------------|---------------------|-------|--------------|--------------------|
| #PARTE | MATERIAL | CANT. | LONG. (PULG) | LONG. TOTAL (PULG) |
| 18-001-0462C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 5 | 150 | 750 |
| 18-001-0333C | AISI 1018 Ø3" | 1 | 102 | 102 |
| 18-001-0334C | PLACA ASTM A36 1/2" | 11 | | |
| 18-001-0427C | PLACA ASTM A36 5/8" | 30 | | |
| 18-001-0428C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 9 | 25 | 225 |
| PARKER #8 BTX-S | | 14 | | |
| 18-001-0927C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 2 | 60 | 120 |

Fuente: Elaboración propia.

Paso #2

En el cuadro 2, se muestra la forma en cómo la hoja de cálculo filtra las piezas que se compran por longitud.

Cuadro 2

Identificar materiales por longitud.

| #PARTE | MATERIAL | CANT. | LONG. (PULG) | LONG. TOTAL (PULG) |
|--------------|-------------------|-------|--------------|--------------------|
| 18-001-0462C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 5 | 150 | 750 |
| 18-001-0333C | AISI 1018 Ø3" | 1 | 102 | 102 |
| 18-001-0428C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 9 | 25 | 225 |
| 18-001-0927C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 2 | 60 | 120 |

Fuente: Elaboración propia.

Paso #3

El cuadro 3, muestra la clasificación de los materiales en la hoja de cálculo por su tipo para analizarlos en forma grupal.

Cuadro 3

Clasificar por material.

| #PARTE | MATERIAL | CANT. | LONG. (PULG) | LONG. TOTAL (PULG) |
|--------------|-------------------|-------|--------------|--------------------|
| 18-001-0462C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 5 | 150 | 750 |
| 18-001-0428C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 9 | 25 | 225 |
| 18-001-0927C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 2 | 60 | 120 |
| 18-001-0333C | AISI 1018 Ø3" | 1 | 102 | 102 |

Fuente: Elaboración propia.

Paso #4

El cuadro 4, muestra la hoja de cálculo evaluando si la suma de las longitudes de todas las piezas de un mismo material es mayor o menor de la longitud del tramo. En caso de que la longitud es menor a la del tramo, entonces validará si el proveedor vende la cantidad requerida, o bien, el tramo completo. Si la longitud excede las dimensiones del tramo, entonces la hoja realiza un anidado el cual se analiza en el paso 5.

Cuadro 4

Evaluando suma de longitudes.

| #PARTE | MATERIAL | CANT. | LONG. (PULG) | LONG. TOTAL (PULG) |
|--------------|-------------------|-------|--------------|--------------------|
| 18-001-0462C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 5 | 150 | 750 |
| 18-001-0428C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 9 | 25 | 225 |
| 18-001-0927C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 2 | 60 | 120 |
| 18-001-0333C | AISI 1018 Ø3" | 1 | 102 | 102.25 |

Fuente: Elaboración propia.

Paso #5

En el cuadro 5 se muestra un anidado en donde la suma de las longitudes de las piezas excede la longitud del tramo (para el material AISI 1018 Ø2 1/2" se considera una longitud del tramo de 6m = 236.22 pulg.), indicando la forma de cómo se debe cortar éste material para obtener la menor cantidad de desperdicio analizando en primera instancia las piezas de mayor longitud hasta las de menor longitud.

Cuadro 5

Anidado de piezas.

| #PARTE | MATERIAL | CANT. | LONG. (PULG) | TRAMOS | | | | |
|-------------------|-------------------|-------|--------------|--------|------|-------|-------|-------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18-001-0462C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 5 | 150 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 18-001-0927C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 2 | 60 | 1 | 1 | | | |
| 18-001-0428C | AISI 1018 Ø2 1/2" | 9 | 25 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| DEPERDICIO (PULG) | | | | 0.47 | 0.47 | 10.22 | 10.22 | 60.72 |

Fuente: Elaboración propia.

Paso #6

Por último, se visualiza la lista de compras para mandar al proveedor, indicando que se requieren 5 tramos completos para el material de AISI 1018 Ø2 1/2", y para el caso del material de AISI 1018 Ø3", solo se requiere una longitud de 102.25 pulg.

Cuadro 6

Lista de compra.

| MATERIAL | LONG. (PULG) | # TRAMOS | LONG. TRAMO (m) | CUADRO DIÁLOGO |
|-------------------|--------------|----------|-----------------|-------------------|
| AISI 1018 Ø2 1/2" | | 5 | 6 | ANIDADO REQUERIDO |
| AISI 1018 Ø3" | 102.25 | | 6 | |

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo anterior, se puede concluir que el producto final de la hoja de cálculo es tanto una lista de material para la compra del mismo, hasta listas de corte en donde se indica la forma del cómo se deben cortar las piezas para reducir la cantidad de desperdicio ocasionado por una mala distribución de los cortes por cada tramo, repercutiendo directamente en los costos del diseño y fabricación. Cabe mencionar que, en el análisis del anidado, se incluyen las consideraciones de las pérdidas de material ocasionadas por el corte de la sierra cinta y también se considera si el material se va a maquinar posteriormente al corte.

7. RESULTADOS

En el desarrollo de un proyecto son apreciables todas clases de herramientas que ayuden a reducir tiempos y a evitar errores de cualquier tipo, ya que siempre se está diseñando con un tiempo medido. Para un diseñador, es esencial el conocer acerca de los materiales que utilizará para resolver cualquier necesidad. Esta herramienta desarrollada contribuye directamente a los tiempos de diseño de un producto, proyecto o máquina, incluso se deja abierta la posibilidad de utilizarla en algunas otras aplicaciones como la carpintería, en donde también se realizan muchas compras bajo el mismo esquema del metal-mecánico. La herramienta es tan flexible como se requiera, ya que funciona como una calculadora, si se alimenta con la información correcta, se obtendrán buenos resultados.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El procesado de los materiales es una parte fundamental para el ahorro de tiempo y costo. Cómo lo menciona Smith [3] "La ciencia de los materiales está ligada fundamentalmente a la

búsqueda de conocimientos básicos sobre la estructura interna, propiedades y **procesado** de los materiales”, la agilidad en cuanto a la transición de la información entre el área de diseño y la manufactura es de gran relevancia en el desarrollo de un proyecto. Bajo estos mismos criterios Chase, Aquilano & Jacobs [7] nos mencionan la importancia en las especificaciones del material, los métodos de trabajo y las rutas del material para la organización del taller de manufactura. En un equipo de diseño, es muy importante innovar y tratar de solucionar problemas recurrentes durante la realización de proyectos de manera general, este estudio desarrollado ha coadyuvado en gran medida a reducir tiempos de diseño en el desarrollo de proyectos empleando buenas prácticas y fomentando el trabajo colaborativo. En el diseño de un proyecto existen variables las cuales se tienen que controlar, y un diseñador debe encontrar formas de evitar errores que pueden traducirse en gastos innecesarios, este estudio es una muestra de una buena práctica de diseño.

4. REFERENCIAS

- [1] Donald R. Askeland (2004). Ciencia e ingeniería de los materiales. México D.F.: Thomson.
- [2] William D. Callister Jr. (1996). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Barcelona, España.: Reverté S.A.
- [3] William F. Smith. (1998). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. Madrid, España.: McGraw-Hill.
- [4] Tomiyama, T., Gu, P. Jin., Y., Lutters, D. Kind, Ch., Kimura, F., Design methodologies: Industrial and educational applications, CIRP Annals – Manufacturing Technology, Elsevier Ltd. Journals, 58: 543-565, 2009.
- [5] Tran, T., Park, J., Development of integrated design methodology for various types of product – service systems, Journal of Computational Design and Engineering, 1-1:37-47, 2014.
- [6] Kaspar, J., Baehre, D., Vielhaber, M., Material selection based on a product engineering integration framework, 26th CIRP Design Conference, Elsevier Ltd. Journals, 50: 2-7, 2016.
- [7] Chase, R.B., Aquilano, N.J., Jacobs, F.R., Production and Operations Management, Mc Graw-Hill International Editions, ISBN 978-970-10-7027-7, 2006.