

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE PROCESOS DE
MANUFACTURA USANDO CARTAS Y BASES DE DATOS

Presentado por:

Jessica Paola Matta Poveda



UNIVERSIDAD EAN

Facultad Ingeniería

Ingeniería de Producción

Bogotá, Colombia

2012

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE PROCESOS DE
MANUFACTURA USANDO CARTAS Y BASES DE DATOS

Presentado por:

Jessica Paola Matta Poveda

TESIS DE GRADO

Dirigido por:

Ing. Jose Divitt Velosa

UNIVERSIDAD EAN

Facultad Ingeniería

Ingeniería de Producción

Bogotá, Colombia

2012

Nota de aceptación

Jurado 1

Jurado 2

Jurado 3

Bogotá, Colombia. 2013

Agradecimientos

A Dios por haberme permitido llegar a este punto y haberme iluminado de sabiduría y entendimiento, a mis padres y familiares que me apoyaron en el transcurso de la carrera, amigos incondicionales, a los directivos y docentes de la Universidad EAN, especialmente al profesor José Divitt Velosa por su gran apoyo y pilar de sabiduría para el exitoso logro de este proyecto.

A todos y cada uno GRACIAS.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	- 5 -
LISTADO DE FIGURAS	- 8 -
LISTADO DE TABLAS.....	- 10 -
ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	- 12 -
RESUMEN.....	- 13 -
INTRODUCCIÓN.....	- 14 -
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	- 16 -
1 GENERALIDADES	- 17 -
1.1 Objetivos.....	- 17 -
1.1.1 Objetivo general	- 17 -
1.1.2 Objetivos específicos	- 17 -
1.2 Justificación	- 17 -
1.3 Marco teórico.....	- 18 -
1.4 Delimitación	- 19 -
1.4.1 Proceso de mecanizado.....	- 26 -
Maquinas herramientas.....	- 28 -
2 MECANISMOS DE SELECCIÓN DE LAS EMPRESAS.....	- 31 -
2.1 Ecuaciones fundamentales.....	- 37 -
2.2 Graficas	- 38 -
2.3 Plataforma virtual.....	- 39 -
3 VARIABLES FUNDAMENTALES	- 44 -
3.1 Metodología de interacción de variables	- 44 -

3.2	Estructura para el desarrollo del aplicativo	- 49 -
3.2.1	Fase 1	- 49 -
3.2.2	Fase 2	- 49 -
3.2.3	Fase 3	- 50 -
3.2.4	Fase 4	- 50 -
3.3	Selección de materiales	- 52 -
3.3.1	Metales ferrosos	- 56 -
3.3.2	Metales no ferrosos.....	- 60 -
3.4	Forma	- 63 -
3.5	Tolerancia.....	- 67 -
3.6	Rugosidad	- 71 -
3.7	Tamaño	- 73 -
3.8	Material herramienta.....	- 78 -
3.9	Parámetros de salida.....	- 81 -
3.9.1	Velocidad de corte	- 82 -
3.9.2	Acabado superficial.....	- 85 -
3.9.3	Costo.....	- 86 -
3.9.4	Cantidad.....	- 89 -
4	GENERACIÓN DE CARTAS	- 91 -
5	DESARROLLO DEL APLICATIVO	- 104 -
5.1	Justificación	- 104 -
5.2	Estructura del aplicativo	- 104 -
5.3	Descripción de las bases de datos	- 107 -
5.4	Estructuras de las consultas.....	- 110 -

5.5	Forma de uso	- 118 -
5.5.1	Fase 1	- 118 -
5.5.2	Fase 2	- 119 -
5.5.3	Fase 3	- 120 -
5.5.4	Fase 4	- 121 -
5.6	Ejemplo.....	- 123 -
6	CONCLUSIONES.....	- 133 -
	BIBLIOGRAFÍA.....	- 136 -
	ANEXOS.....	- 138 -
	Anexo 1.....	- 138 -
	Anexo 2.....	- 141 -
	Anexo 3.....	- 142 -
	Anexo 4.....	- 147 -

LISTADO DE FIGURAS

Figura No. 1 Clasificación de los procesos de producción	- 23 -
Figura No. 2 Grupos industriales con mayor participación según establecimientos 2010.....	- 24 -
Figura No. 3 Resultados pregunta 1	- 32 -
Figura No. 4 Resultados pregunta 2.....	- 32 -
Figura No. 5 Resultados pregunta 3.....	- 33 -
Figura No. 6 Resultados pregunta 4.....	- 33 -
Figura No. 7 Resultados pregunta 5.....	- 34 -
Figura No. 8 Resultados pregunta 6.....	- 34 -
Figura No. 9 Resultados pregunta 7.....	- 35 -
Figura No. 10 Resultados pregunta 8.....	- 35 -
Figura No. 11 Resultados pregunta 9.....	- 36 -
Figura No. 12 Resultados pregunta 10.....	- 36 -
Figura No. 13 Carta de Tolerancia Vs Rugosidad	- 38 -
Figura No. 14 Página de selección de procesos	- 40 -
Figura No. 15 Ejemplo de selección de procesos de manufactura.....	- 41 -
Figura No. 16 Resultados de la selección de procesos.....	- 42 -
Figura No. 17 Interacción de las áreas de selección en el diseño.....	- 47 -
Figura No. 18 Entradas, salidas y herramientas en el proceso de selección.....	- 48 -
Figura No. 19 Estructura del aplicativo	- 51 -
Figura No. 20 Clasificación de los metales.....	- 55 -
Figura No. 21 Irregularidades geométricas.....	- 67 -
Figura No. 22 Tolerancias dimensionales en función del tamaño de la parte para diversos procesos de manufactura.....	- 69 -
Figura No. 23 Posibilidades de tolerancias dimensionales de diversos procesos de manufactura.....	- 70 -
Figura No. 24 Rugosidad en el proceso de Lapeado	- 72 -

Figura No. 25 Capacidad de fresadora.....	- 75 -
Figura No. 26 Gráfico de barras de la energía contenida de los materiales por unidad de volumen	- 92 -
Figura No. 27 Gráfico de burbujas de módulo de elasticidad y densidad	- 93 -
Figura No. 28 Estructura de las cartas	- 94 -
Figura No. 29 Carta 1 – Acabado superficial	- 95 -
Figura No. 30 Carta 2 - Dureza	- 96 -
Figura No. 31 Carta 3 – Especificación de la pieza	- 97 -
Figura No. 32 Resistencia Específica y rigidez específica.....	- 99 -
Figura No. 33 Método de extracción de datos	- 100 -
Figura No. 34 Tipos de tuerca de cabeza hexagonal	- 123 -

LISTADO DE TABLAS

Tabla No. 1 Ventajas del mecanizado frente a otros procesos.....	- 25 -
Tabla No. 2 Desventajas del mecanizado frente a otros procesos	- 25 -
Tabla No. 3 Clasificación de las maquinas herramientas básicas	- 29 -
Tabla No. 4 Tabulación de datos – Primera pregunta	- 31 -
Tabla No. 5 Factores que influyen en el proceso de mecanizado	- 44 -
Tabla No. 6 Propiedades mecánicas a temperatura ambiente y aplicaciones típicas de aceros inoxidables recocidos.....	- 58 -
Tabla No. 7 Energía necesaria en las operaciones de corte	- 62 -
Tabla No. 8 Materiales propuestos	- 63 -
Tabla No. 9 Formas y algunos métodos comunes de producción	- 64 -
Tabla No. 10 Formas que se pueden producir en el mecanizado	- 66 -
Tabla No. 11 Símbolos para la indicación de tolerancias geométricas.....	- 68 -
Tabla No. 12 Rangos de tolerancia de los procesos de mecanizado	- 71 -
Tabla No. 13 Rango de rugosidad de los procesos de mecanizado.....	- 72 -
Tabla No. 14 Capacidades generales de las operaciones de taladrado y mandrinado	- 73 -
Tabla No. 15 Capacidades típicas y máximas dimensiones de piezas de trabajo para maquinas herramientas	- 74 -
Tabla No. 16 Características generales de los procesos y maquinas para el maquinado abrasivo	- 76 -
Tabla No. 17 Rango de tamaños de los procesos de mecanizado.....	- 77 -
Tabla No. 18 Material de la herramienta.....	- 79 -
Tabla No. 19 Recomendaciones generales de velocidades y avances en taladrado .	- 83 -
Tabla No. 20 Intervalos característicos de velocidades y avances para procesos abrasivos	- 83 -
Tabla No. 21 Velocidades recomendadas para los procesos de mecanizado.....	- 84 -
Tabla No. 22 Rangos de acabado superficial	- 85 -

Tabla No. 23 Costos del proceso de mecanizado	- 87 -
Tabla No. 24 Costos relativos para maquinaria y equipo	- 88 -
Tabla No. 25 Velocidades normales de producción para diversas operaciones de maquinado.....	- 89 -
Tabla No. 26 Cantidades de los proceso de mecanizado.....	- 90 -
Tabla No. 27 Selección del alargamiento de aceros de herramientas.....	- 98 -
Tabla No. 28 Estructura base de datos – Parte 1	- 100 -
Tabla No. 29 Estructura base de datos – Parte 2.....	- 101 -
Tabla No. 30 Base de datos Acabado superficial	- 102 -
Tabla No. 31 Base de datos Dureza.....	- 103 -
Tabla No. 32 Base de datos Especificación de la pieza	- 103 -
Tabla No. 33 Especificaciones de tuerca de cabeza hexagonal.....	- 124 -
Tabla No. 34 Información proceso de fresado.....	- 131 -
Tabla No. 35 Información proceso de torneado.....	- 132 -

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

Este trabajo consta de tres capítulos principales que contienen:

GENERALIDADES: se da la introducción sobre el tema que aborda el proyecto, y se delimita el campo de aplicación del mismo.

MECANISMOS DE SELECCIÓN DE LAS EMPRESAS: se mencionan algunos de los métodos de selección de procesos y se realiza una investigación los factores que tienen en cuenta las empresas de mecanizado al momento de diseñar y manufacturar un producto.

VARIABLES FUNDAMENTALES: se proponen las variables de manufactura que serán tenidas en cuenta para el desarrollo del aplicativo, basada en una metodología de interacción de variables.

GENERACIÓN DE CARTAS Y BASES DE DATOS: con las variables definidas se generaran las cartas y las bases de datos, teniendo en cuenta la metodología de Michael Ashby.

DESARROLLO DEL APLICATIVO: teniendo en cuenta las cartas se procede a desarrollar un aplicativo y se propone una metodología para su utilización.

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron los mecanismos que se utilizan en la actualidad para la selección de procesos de manufactura con el motivo de determinar si es viable proponer una nueva metodología que logre integrar todas las variables que intervienen en la fabricación de una pieza.

Se realizó una investigación previa en las empresas Colombianas manufactureras para determinar la viabilidad del proyecto.

Se propuso una metodología basada en la utilización de cartas y bases de datos para ayudar a que el proceso de selección sea más completo y sencillo.

Se desarrolló un aplicativo teniendo en cuenta las cartas y se planteó una metodología para la utilización del mismo.

INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más competitivo debido a la globalización y a la apertura de nuevos mercados en los que no existen las fronteras, las empresas se ven en la obligación de evolucionar siendo cada vez más eficientes y aumentando la calidad en sus operaciones, ya sea en la producción, ensamble, planeamiento, logística, compras, inventarios, etc. Para lograrlo se han desarrollado nuevos conceptos y herramientas de gestión operacionales, tales como: Benchmarking, Justo a tiempo, Seis sigma, Reingeniería a las empresas y Sistemas Integrados de Gestión, entre otros, con el fin de mejorar el desempeño de las empresas existentes.

A pesar de todo este desarrollo de nuevas herramientas de mejora, la selección de procesos de manufactura es una tarea que aún se basa en la experiencia y el conocimiento personal de los empresarios de la industria de la manufactura. Para fabricar una pieza es necesario conocer todos los factores que intervienen en la realización del mismo, como los requerimientos de diseño del usuario; en el cual se debe tener en cuenta el acabado superficial, límites de tolerancia, el material correcto para su fabricación, el tipo de maquinaria a utilizar, el efecto que la manufactura de esta pieza puede causar al medio ambiente; entre otros.

El ideal es que se tengan en cuenta todos estos factores al momento de decidir cuál es el proceso de producción ideal para manufacturar una pieza, desafortunadamente en la actualidad no existe una metodología que permita integrar un gran porcentaje de las variables que intervienen al momento de tomar una decisión respecto a los procesos de manufactura, gran parte de las empresas de manufactura en Colombia, los métodos de producción que utilizan se basan en la experiencia de la persona encargada de la misma, por tradición (porque siempre se ha realizado de la misma forma), o referenciación, es decir, porque otra empresa lo hace de la misma forma.

Con el fin de ayudar al proceso de selección de procesos de manufactura, se desea proponer una metodología que sea una guía de aproximación para aquellas personas que no tienen un amplio conocimiento de la industria manufacturera, esta metodología se basa en el uso de cartas, las cuales son un mecanismo que permite la interacción de diferentes factores que influyen en la producción de una pieza, esta metodología se presentará por medio de un aplicativo.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para fabricar un producto se deben tener en cuenta todas las variables del material que se va a utilizar, como: en qué lugar se va a fabricar, las propiedades físicas y mecánicas necesarias del material, si es capaz de procesarse en la forma deseada, si es viable económicamente, si se ajusta con los requerimientos del diseño y si es amigable con el medio ambiente, para esto el ingeniero debe seleccionar una metodología que le permita evaluar que material es adecuado a cada tipo de proceso de producción puesto que no cualquier proceso es compatible con el material deseado, por esto en la actualidad existen métodos para la selección de materiales tales como: pruebas de dureza, de tracción, de compresión, de flexión, de torsión, de fatiga, entre otros; y para hacer una selección correcta del tipo de material y proceso que se va a utilizar se debe tener un amplio conocimiento de todas las variables que afectan tanto el proceso como el material. El desconocimiento puede llevar a tomar decisiones equivocadas, como una mala inversión en máquinas, personal y materiales.

Esta investigación pretende responder: ¿Cómo es posible facilitar la elección de los procesos de mecanizado para empresas metalmecánicas?, esto mediante el desarrollo de una metodología que pueda ser utilizada por aquellas personas u organizaciones que conocen el tema, pero no tienen un amplio conocimiento en materiales y procesos de manufactura,

1 GENERALIDADES

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Diseñar un aplicativo que facilite y oriente la selección de procesos de mecanizado basado en variables y propiedades de piezas de manufactura.

1.1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son:

- Evidenciar los mecanismos de decisión que utilizan las empresas de manufactura para el proceso de mecanizado.
- Delimitar las variables fundamentales de los procesos.
- Construir las relaciones existentes entre las variables fundamentales de las piezas manufacturadas y los procesos de producción.
- Presentar una metodología para el uso del aplicativo.

1.2 Justificación

En la actualidad existe una gran gama de materiales para ser utilizados en la producción, cada uno de ellos con características diferentes que cambian la estructura y propiedades de una pieza de manufacturada, por ejemplo, si se quiere hacer un destornillador se debe tener en cuenta: el modulo elástico para saber que tanto se pandea, la tensión de fluencia para evitar una rápida deformación permanente y su dureza entre otros, del resultado del estudio de las variables anteriores se debe decidir qué tipo de material cumple con las especificaciones y es idóneo para la producción de la pieza; luego se debe seleccionar el tipo de proceso

que se le va a aplicar al material para hacer su transformación, lo que convierte la selección de materiales en un proceso complejo y de amplio conocimiento.

Por esto, en el presente proyecto se desarrollará una metodología para la selección de materiales y procesos, teniendo en cuenta algunas de las variables que influyen en el proceso de mecanizado. Esta metodología aparte de ser una guía para las empresas de mecanizado también puede utilizarse como una herramienta académica; facilitando la enseñanza a los docentes y mostrando a los estudiantes un acercamiento real a los procesos de producción y materiales que utilizan las empresas colombianas para manufacturar productos.

1.3 Marco teórico

El desarrollo de los materiales se ha dado en términos de la evolución del hombre, de cómo este utilizaba lo que tenía disponible para hacer sus herramientas y armas, así, 2.5 millones de años atrás, en la Edad de Piedra los primeros hombres cortaban piedras con el fin de utilizarlas como armas de caza, entre los años 4.000 a.C y 3.000 a.C denominada la edad de cobre se utilizaba el cobre puro pero estos productos tenían una utilidad limitada lo que llevó a pensar en la importancia de utilizar materiales maleables adecuados para obtener mejores materiales, más adelante con el descubrimiento del estaño entre los años 2.000 a.C y 1.000 a.C como lo define (Askeland, 2004) surge la Edad de Bronce en el cual se descubrieron las aleaciones de cobre y estaño para producir mejores armas y herramientas dando inicio a la metalurgia. Seguido llega la edad de hierro comprendida entre los años 1.000 a.C y 1 a.C caracterizada por aleaciones de hierro reemplazando ampliamente al cobre. A partir de esta fecha el desarrollo de materiales no ha sido lineal puesto que en diferentes lugares del mundo se han descubierto y han ido evolucionando diferentes tipos de materiales, tales como el plástico; material de poco peso y económico que tiene su auge en la segunda mitad

del siglo XX, al mismo tiempo se genera una demanda significativa de silicio utilizado principalmente en la fabricación de equipos electrónicos modernos.

Los materiales son sustancias con las que están hechas las cosas, son para soportar las cargas, para aislar o conducir el calor y la electricidad, aceptar o rechazar flujo magnético, para transmitir o reflejar la luz, contribuir al cuidado del medio ambiente y a un costo bajo, se puede decir que los materiales son utilizados por el hombre para la producción de bienes que contribuyan a la mejora de su calidad de vida. (Smith, 2006)

(Smith, 2006) Del estudio de los materiales nace: La ciencia e ingeniería de los materiales, este campo es el encargado de investigar nuevos materiales y mejorar los actuales mediante el estudio de las relaciones entre micro estructura, composición, síntesis y procesamiento del material a estudiar.

La ciencia e ingeniería de los materiales como su nombre lo indica, unifica todos los campos de conocimiento desde las ciencias básicas (y matemáticas) y todas las disciplinas de ingeniería para hacer un estudio profundo de los materiales y sus propiedades. Actualmente la tendencia en el mundo es a desarrollar y utilizar materiales naturales que sustituyan a los actuales y contribuyan al cuidado de los recursos naturales, que no generen un impacto ambiental negativo y sean atractivos económicamente para las empresas del sector, como por ejemplo, las fibras utilizadas en la producción de fibras de vidrio y los biocombustibles producidos de la extracción de aceite natural o animal. (Smith, 2006)

1.4 Delimitación

Para manufacturar una pieza existen diferentes procesos o métodos por los cuales se obtiene el producto deseado, estos procesos se pueden clasificarse de diferentes maneras, aunque todos los procesos de producción tienen variables en común como lo son: materiales, costos, tiempo de fabricación, maquinaria, cantidades,

entre otras; cada proceso de manufactura tiene una forma diferente de procesar el material para obtener un producto final, y por ende es difícil estandarizar criterios generales para todos.

En general la elección de un proceso de manufactura queda condicionado por varios aspectos (Kalpakjian & Schmid, 2008):

- Las características y propiedades del material de la pieza
- La forma, tamaño y espesor de la parte
- Los requerimientos en la tolerancia dimensional y de acabado superficial
- Los requerimientos de funcionamiento de la pieza
- El volumen (cantidad) de producción
- El nivel de automatización requerido para cumplir con el volumen y la rapidez de producción
- Los costos incurridos en aspectos individuales y combinados de la operación de manufactura

También es importante tener en cuenta aspectos como la maquinaria que se va a utilizar, que tan compleja es la forma de la pieza y el impacto ambiental que puede generar escoger uno u otro proceso de manufactura.

Todos los materiales que se encuentran en la industria son diferentes entre sí, algunos son fáciles de trabajar por ser suaves y dúctiles, otros porque son duros, frágiles y abrasivos, por lo cual, cada uno requiere técnicas especiales de procesamiento.

(Kalpakjian & Schmid, 2008) Clasifica los procesos de producción de la siguiente manera:

- Fundición: molde desechable y molde permanente

- Formado y conformado: Laminación, forja, extrusión, estirado, formado de lámina, metalurgia de polvos y moldeo
- Maquinado: en los que se encuentran el torneado, taladrado, barrenado, fresado, cepillado, brochado y esmerilado.
- Unión o soldadura: soldadura sin aporte, soldadura con aporte, soldadura blanda, unión por difusión, unión adhesiva y unión mecánica.
- Acabado superficial: en esta clasificación se encuentran los siguientes métodos; asentado, lapeado, pulido, bruñido, desbarbado, tratamiento superficial y recubrimiento.

De otra manera (Callister, 2000) clasifica los procesos de producción de la siguiente forma:

- Operaciones primarias: son aquellas operaciones que convierten la materia prima en una parte reconocible, entre las cuales se encuentran: fundición, conformación de plástico, metalurgia de polvos y moldeo.
- Operaciones secundarias: son empleados posteriormente para completar la pieza terminada, entre las cuales están: tratamientos térmicos, soldadura, amolado, taladrado, pintura y decoración.

Por lo general los procesos de manufactura se clasifican dependiendo de qué material se quiera trabajar, partiendo de esto se pueden clasificar los procesos de producción de la siguiente manera:

Procesos de manufactura de metales: para el procesado de materiales metálicos principalmente se tienen procesos: de forja y de moldeo, las materias primas se mezclan y se funden, proporcionando una forma bruta de colada, luego de esto, la pieza de fundición se somete a deformación hasta obtener la forma final del producto.

En el proceso de forja se encuentran las siguientes técnicas: laminación, extrusión, Conformado, Estampado, Fraguado, Estirado, Uniones, Soldadura, Soldadura fuerte, Soldadura blanda, Pulvimetalurgia, Compresión isostática en caliente, Conformado superplástico, Solidificación rápida. En el proceso de moldeo se encuentran técnicas como: moldeo en arena, moldeo en coquilla, moldeo a la cera pérdida o el moldeo a presión. (Kalpakjian & Schmid, 2008)

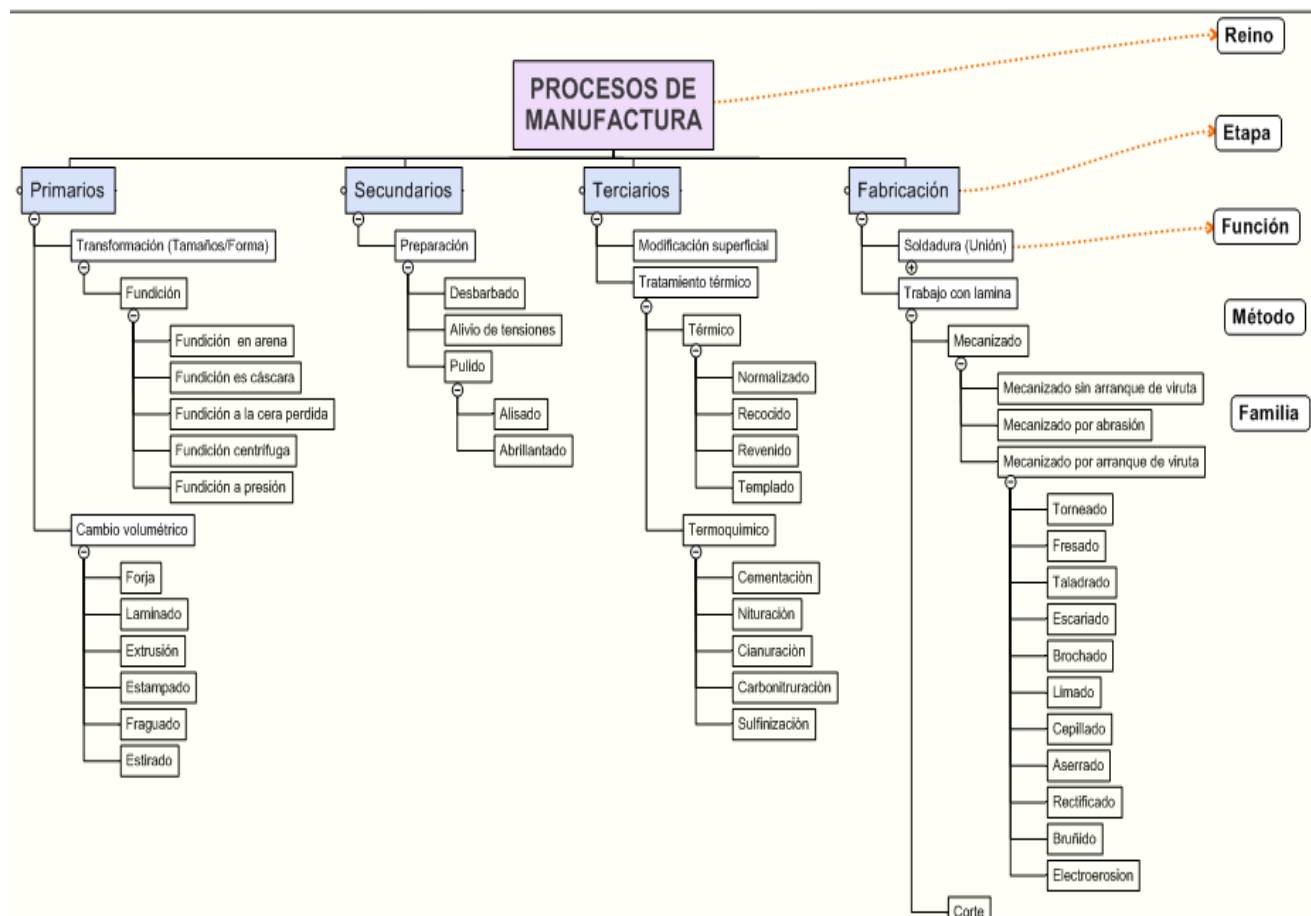
Procesos de manufactura de cerámicos y vidrios: para la manufactura de cerámicos y vidrios no aplica la forja, y el proceso de conformado por deformación de estos materiales está limitado por su inherente fragilidad, los principales procesos que se encuentran en esta categoría son: Colada en fusión, Compresión isostática en caliente (HIP), Conformado de vidrio, Desvitrificación controlada, Procesado sol-gel, Procesado biomimético, Moldeo en barbotina, Sinterizado, y Síntesis autopropagada a alta temperatura (SHS).

Procesos de manufactura de polímeros: la transformación de estos materiales es un proceso físico, consiste en calentar al materia prima hasta su licuación, luego colada en el molde de frío donde toma la forma de la pieza deseada, el calentamiento como el enfriamiento se hacen con gran rapidez, en tiempo inferiores al minuto.

Los procesos más comunes para los termoplásticos son: el moldeo por inyección y el moldeo por extrusión, mientras que para los elastómeros y polímeros termoestables predominan los procesos de: moldeo por compresión y el moldeo por transferencia.

En general, los procesos de manufactura se pueden clasificar de diferentes formas dependiendo del punto de vista del autor y del tema que quiera abordar, para este caso se propone la siguiente clasificación de procesos de manufactura, tomando como referencia la clasificación dada por (Lovatt & Schercliff, 1998):

Figura No. 1 Clasificación de los procesos de producción



Fuente: Propiedad del autor, basado en Lovatt, A., & Schercliff, H. (1998). Manufacturing process selection in engineering design. Part 1: the role of process selection. *Materials & Design*, 11.

El objetivo del presente trabajo es diseñar un aplicativo que facilite u oriente la selección de procesos de manufactura basado en variables y propiedades de piezas de manufactura, lo ideal es tener un aplicativo que pueda involucrar todos los procesos así como lo hace la plataforma virtual Custompart.com, pero debido a que involucrar todos los procesos es una labor de mucho tiempo y que el objetivo principal del presente trabajo es proponer una metodología que facilite la selección de procesos de manufactura, para el desarrollo del aplicativo aquí propuesto se escogerá un solo proceso con el fin de profundizar más en la metodología que en

los procesos como tal, el fin de esta metodología es que a futuro pueda ampliarse incluyendo nuevas variables y nuevos procesos.

Según la Encuesta Anual Manufacturera EAM, realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2010:

Figura No. 2 Grupos industriales con mayor participación según establecimientos 2010

Tabla 1. Grupos industriales con mayor participación según establecimientos 2010

CIIU Rev.3		
Grupo	Descripción	Part. %
Total	14 grupos	64,4%
181	Prendas de vestir	10,7%
252	Productos de plástico	6,9%
242	Otros productos químicos	6,6%
155	Productos de panadería, macarrones, fideos, alcuzczuz y productos farináceos	6,0%
361	Muebles	5,2%
289	Otros productos elaborados de metal	4,4%
269	Productos minerales no metálicos n.c.p.	4,1%
222	Impresión	3,5%
281	Productos metálicos	3,1%
292	Maquinaria de uso especial	3,1%
192	Calzado	3,0%
291	Maquinaria de uso general	2,7%
221	Edición	2,7%
154	Productos de molinería, almidones y preparados para animales	2,4%

Fuente: DANE Encuesta Anual Manufacturera

Fuente: Encuesta anual manufacturera – EAM resultados definitivos 2010

Los resultados muestran que 14 de los 64 grupos industriales según el código CIIU Rev. 3 A.C, investigados por la encuesta Anual Manufacturera sumaron el 64.4% de los establecimientos manufactureros en Colombia, los grupos que registraron mayor cantidad de establecimientos fueron: prendas de vestir (10.7%) y productos plásticos (6.9%), en sexta posición se encuentra la categoría 289 Otros productos elaborados de metal con una participación de (4.4%) considerando que es un promedio a nivel nacional en el que participan 64 grupos industriales se puede decir

que los productos elaborados de metal tienen una alta participación en la industria Colombiana.

Según (Amestoy, 2007) el proceso más extendido en la industria es el mecanizado, en especial el mecanizado por arranque de viruta y comparado con otros métodos de fabricación se pueden tener las siguientes ventajas:

Tabla No. 1 Ventajas del mecanizado frente a otros procesos

VENTAJAS
Se consigue una alta precisión dimensional en sus operaciones
Pueden realizar una amplia variedad de formas
No cambia la micro estructura del material por lo que conserva sus propiedades mecánicas
Se consiguen texturas superficiales convenientes para los distintos diseños
Son procesos fáciles de automatizar siendo muy flexibles
Requiere poco tiempo de preparación
Poca variedad de herramienta

Fuente: Amestoy, M. E. (2007). Principios de mecanizado y planificación de procesos. Cartagena.

El proceso de mecanizado también tiene desventajas respecto a los demás procesos de producción, sobre todo respecto a los de conformado por deformación plástica y los de fundición:

Tabla No. 2 Desventajas del mecanizado frente a otros procesos

DESVENTAJAS
Genera material de desecho en muchos casos no reciclable
Requieren una mayor energía de proceso
Los tiempos de producción son elevados
El tamaño de las piezas está limitado al permitido por la máquina herramienta
Suelen ser poco económicos cuando el tamaño de lote es muy elevado

Fuente: Amestoy, M. E. (2007). Principios de mecanizado y planificación de procesos. Cartagena.

El proceso de mecanizado al igual que todos los demás procesos tiene ventajas y desventajas, de allí que radica la importancia de saber elegir el más conveniente al momento de manufacturar un producto, dado que el mecanizado es uno de los procesos de manufactura más importante y más utilizado para transformar el metal en la industria colombiana y que se puede obtener gran precisión en el acabado de la pieza, los acabados que se obtienen son mejores que otros procesos de manufactura, se pueden obtener piezas de distintas formas y figuras y se puede manejar una amplia gama de materiales, en el desarrollo del aplicativo que se presenta en este trabajo se escogerá únicamente el proceso de mecanizado en especial se tendrá en cuenta las variables que intervienen en el proceso de Mecanizado por arranque de viruta, entre los cuales se encuentran los siguientes métodos (Kalpakjian & Schmid, 2008): torneado, fresado, taladrado escariado, brochado, limado, cepillado, aserrado, rectificado y electroerosión con hilo, esto con el fin de poder profundizar y definir variables generales para un proceso.

1.4.1 Proceso de mecanizado

Mecanizado o maquinado es el proceso que describe la remoción de material de una pieza, y abarca varios procesos, que suelen dividirse en las siguientes categorías:

- Mecanizado sin arranque de viruta
- Mecanizado por abrasión: son determinados procesos que utilizan materiales naturales o artificiales en forma de granos sueltos o aglomerados, de gran dureza, que se emplean para quitar pequeñas cantidades de una superficie mediante un proceso de corte que produce virutas diminutas.
- Mecanizado por arranque de viruta: son procesos de corte que quitan material de una pieza y producen virutas, entre estos se encuentran: entre los cuales se encuentran los siguientes métodos: torneado, fresado, taladrado escariado, brochado, limado, cepillado, aserrado, rectificado y electroerosión con hilo.

No se debe olvidar que en la actualidad el proceso de mecanizado ha evolucionado y han surgido nuevas formas de mecanizar el material por medio de métodos químicos, eléctricos, con láser y otros. Estos métodos generalmente se utilizan para maquinar materiales muy duros (como los carburos o el diamante), cuando la pieza es demasiado flexible o cuando la forma es demasiado compleja, con el fin de realizar un proyecto que sea aplicado en su mayoría a los procesos utilizados en Colombia, estos procesos de mecanizado no serán tenidos en cuenta puesto es poca la utilización en el mercado Colombiano.

En el proceso de mecanizado por arranque de viruta existen varios métodos de fabricación, después de una larga investigación se seleccionaron los métodos más generales y los que más presentan diferencias uno de los otros al momento de ejecutarlos. Los métodos poco relevantes se asociaron a cada uno de los métodos de producción principales dependiendo de su afinidad en el modo de operación. Así, los métodos que se van a trabajar en este proyecto son:

Torneado: la pieza que se va a maquinar gira y la herramienta de corte avanza contra ella.

Taladrado: consiste en cortar un agujero redondo por medio de una broca giratoria. En esta categoría se incluyen; el Mandrilado: puesto que este consiste en dar el acabado a un agujero ya taladrado mediante una herramienta rotatoria de una sola punta cortante (función muy a fin al taladrado), y el Escariado: el cual consiste en dar tolerancias muy pequeñas a un agujero ya taladrado. Puesto que estos métodos son incluidos en esta categoría, las tolerancias de los mismos serán tenidas en cuenta al momento de desarrollar el aplicativo.

Fresado: se maquina la pieza poniéndola en contacto con una herramienta cortante giratoria.

Cepillado: la herramienta cortante, el cepillo de mesa, permanece en posición fija mientras que la pieza es movida hacia atrás y hacia adelante por debajo de ella. En

esta categoría se incluye el Ranurado: es una operación similar a la que se hace en un cepillo de codo, excepto que el Ranurado se efectúa de manera vertical.

Rectificado: se le da forma a una pieza poniéndola en contacto con una rueda abrasiva rotatoria. El lapidado o bruñido es otra operación que cae en esta categoría puesto utiliza pastas o compuestos abrasivos para la remoción de material, la diferencia es que este es utilizado para grados muy altos de precisión y acabado superficial.

Brochado: la operación consiste en hacer pasar la herramienta (Brocha), forzosamente por un orificio cilíndrico o por la superficie exterior de la pieza. Este proceso se caracteriza porque la herramienta, la brocha, tiene forma de barra y su superficie está provista de múltiples dientes.

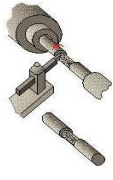
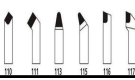
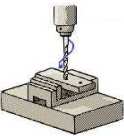

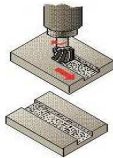

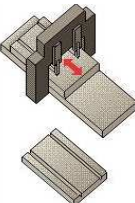
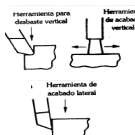
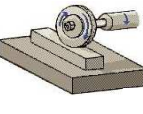

Aserrado: en este proceso la herramienta de corte es una hoja con una serie de dientes pequeños; cada uno de estos dientes retira una pequeña cantidad de material.

Aunque estos son métodos de producción dentro del proceso de mecanizado, en el transcurso del desarrollo del documento se les llamará: Procesos, esto con el no generar confusión al momento de mencionar cada uno. Según (Feirer, 2000) existen cuatro elementos básicos para el proceso de maquinado: las maquinas herramientas, las herramientas de corte, los materiales y los dispositivos guidores y/o sujetadores.

Maquinas herramientas: es una maquina impulsada por un motor, que se utiliza para conformar metal por medio de corte, impacto, presión, técnicas eléctricas o combinación de estos métodos, esta categoría se encuentran los tornos, fresadoras, taladradoras, cepillos y rectificadoras, en la industria hay muchas variedades de máquinas para usos especiales, las cuales son adaptaciones de una o varias máquinas herramientas básicas

Tomando como referencia la clasificación de las herramientas básicas de (Feirer, 2000), se propone la siguiente clasificación de máquinas herramientas básicas:

Tabla No. 3 Clasificación de las maquinas herramientas básicas

MAQUINA	FUNCIÓN	PROCESOS	HERRAMIENTA	MOVIMIENTO NORMAL	
				PIEZA DE TRABAJO	HERRAMIENTA
 Torno	Sujetar la pieza mientras una herramienta de corte le da la forma	Proceso principal: Torneado Procesos asociados:	Herramienta cortante de una sola punta, el tipo de herramienta esta normalizada de acuerdo al material que se mecanice 	Rotacional	Movimiento en línea recta
 Taladradora	Cortar agujeros redondos por medio de una broca giratoria	Proceso principal: *Taladrado *Mandrilado Procesos asociados: *Escariado *Roscado macho *Avellanado	Se utilizan principalmente brocas helicoidales 	Fija	Rotación vertical
 Fresadora horizontal y vertical	Crear superficies planas o contornos empujando la pieza contra una herramienta de corte rotatoria	Proceso principal: Fresado Procesos asociados:	Existe gran variedad de cortadores para fresadora, algunos son, de izquierda a derecha: sierra, helicoidal y para engranajes 	Movimiento en línea recta	Fresadora horizontal: *Rotacional Fresadora vertical: *Rotacional y vertical
 Cepilladora de codo y de mesa	Ejecuta cortes sencillos o múltiples haciendo pasar la pieza por una herramienta fina	Proceso principal: Cepillado Procesos asociados: Ranurado	Herramienta cortante de punta simple, los ángulos de inclinación varían según el material que se este maquinando 	Cepilladora de codo: * Fijo durante el corte * En línea recta despues del corte Cepilladora de mesa: * En línea recta para el corte	Cepilladora de codo: * En línea recta para el corte Cepilladora de mesa: *Fijo durante el corte *En línea recta despues del corte
 Rectificadora de superficie y cilíndrica	Dar forma a una pieza poniendola en contacto con una rueda abrasiva rotatoria	Proceso principal: Rectificado Procesos asociados: *Esmerilado abrasivo *Maquinado abrasivo *Lapidado *Bruñido	Ruedas esmeriladores hechas de miles de granos abrasivos 	Rectificadora de superficie: * En línea recta durante el corte Rectificadora cilíndrica: * Rotacional y en línea recta	Rotacional

Fuente: Propiedad del autor, Basado en Feirer, J. L. (2000). *Maquinado de metales con maquinas herramientas*. México: Compañía Editorial Continental, S.A., Imágenes: <http://www.inventosydescubrimientos.info/2012/03/maquina-herramienta.html>, <http://www.dodge-tech.com.ar/vb/showthread.php?t=28685>, <http://joseplasticocaucho-josete.blogspot.com/2011/02/descripcion-del-torneo-en-una-pieza-de.html>, <http://tecno5to.bligoo.cl/?page=4>, http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/Temario2_VIII.html, <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/disco-abrasivo-79950.html>

Herramientas de corte: son aquellas que se usan en una máquina herramienta y que permiten arrancar, cortar o dividir algo a través de una navaja filosa, puede ser una punta sencilla como la que se utiliza en el torno, el cepillo de codo o de mesa; una herramienta de puntas múltiples, como el cortador de una fresadora, una broca, un escariador, una brocha o una rueda de esmeril de una rectificadora. Estas herramientas deben ser altamente resistentes al desgaste, deben conservar su filo aun en temperaturas muy elevadas, tener un bajo coeficiente de fricción y buenas propiedades de tenacidad, por lo anterior las herramientas de corte se fabrican con acero de alta velocidad, estelita, carburo, diamante, cerámica o abrasivos.

Materiales: el material más comúnmente maquinado son metales, la clase de metal que se emplea para hacer una pieza depende del uso que se va a dar a dicha pieza y si esta debe tener un tratamiento térmico, (Feirer, 2000) en especial se utilizan barras comerciales estándar, forjadoras y piezas fundidas, las barras comerciales pueden ser de acero al carbono, acero para herramientas, acero inoxidable, aleación a base de cobre u otros metales como el magnesio y el titanio.

Dispositivos guidores y sujetadores: son utilizados para sujetar o sostener una o más piezas en cierta posición exacta mientras que las máquinas de corte las maquinan al tamaño deseado, su tamaño depende de la máquina herramienta que se esté utilizando. Por lo general, los dispositivos sujetadores se fijan en forma permanente a las máquinas herramientas, mientras que los guidores no.

2 MECANISMOS DE SELECCIÓN DE LAS EMPRESAS

En la actualidad se utilizan muchos procesos para producir piezas, productos y/o componentes, teóricamente para seleccionar procesos de manufactura existen varios métodos: la utilización de ecuaciones; en las que se utilizan las ecuaciones conocidas actualmente y utilizando los valores de la pieza se llega a un resultado, bases de datos: se hace ordenando datos en tablas, según valores de la propiedad que se necesite, por lo general estos datos son resultado de la utilización de ecuaciones. Es necesario conocer los mecanismos de decisión de las empresas Colombianas de mecanizado, para esto se desarrolló un formato de encuesta, el cual se hizo a 12 empresas metalmecánicas, esta encuesta consta de dos partes: Diseño y Manufactura, en la primera parte se espera identificar que tan importante son los aspectos de diseño para las empresas metalmecánicas; en cuanto a la segunda parte se desea conocer la importancia de las variables de mecanizado.

Para tabular los resultados, a cada opción de respuesta se le dio un puntaje de 1 a 5, si las opciones de respuesta son más de cinco, se agrupan para que el valor no supere 5.

Para la primera pregunta no es necesario dar puntuación, solo fue necesario contar el número de empresas que selecciono cada una de las opciones:

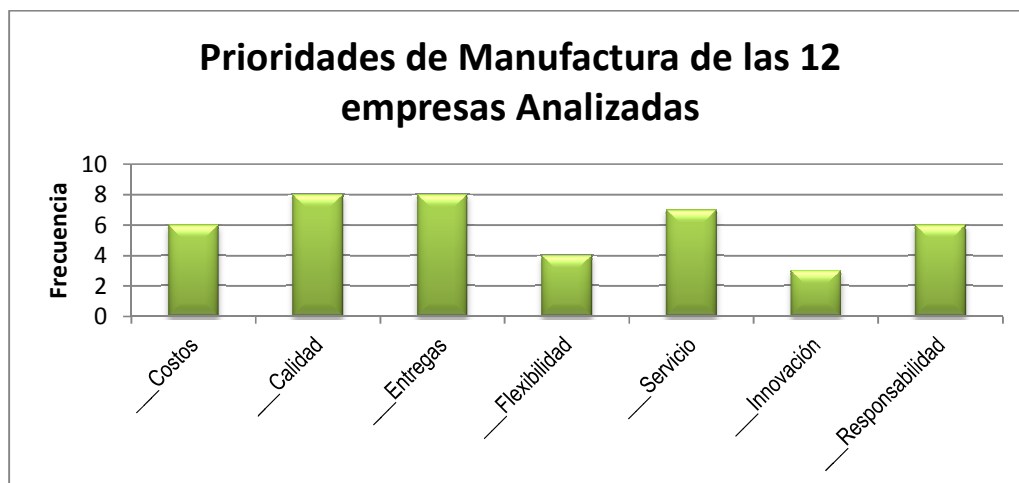
Tabla No. 4 Tabulación de datos – Primera pregunta

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	Total
Costos	x	x	x	X			x					x	6
Calidad	x	x	x	X				x		x	x	x	8
Entregas	x	x	x		x		x		x	x	x		8
Flexibilidad		x			x	x			x				4
Servicio	x	x		X	x			x		x	x		7
Innovación		x				x			x				3
Responsabilidad	x	x		X		x	x	x					6

Fuente: Propiedad del autor

El formato de la encuesta junto con la tabulación de la misma se incluye en los Anexos.

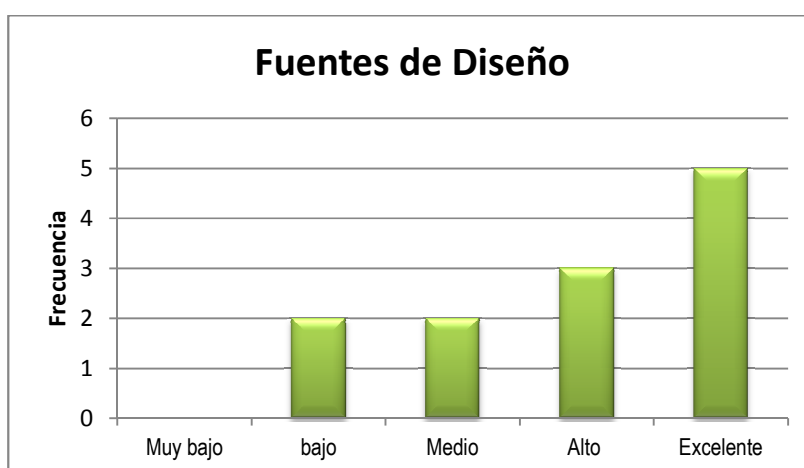
Figura No. 3 Resultados pregunta 1



Fuente: Propiedad del autor

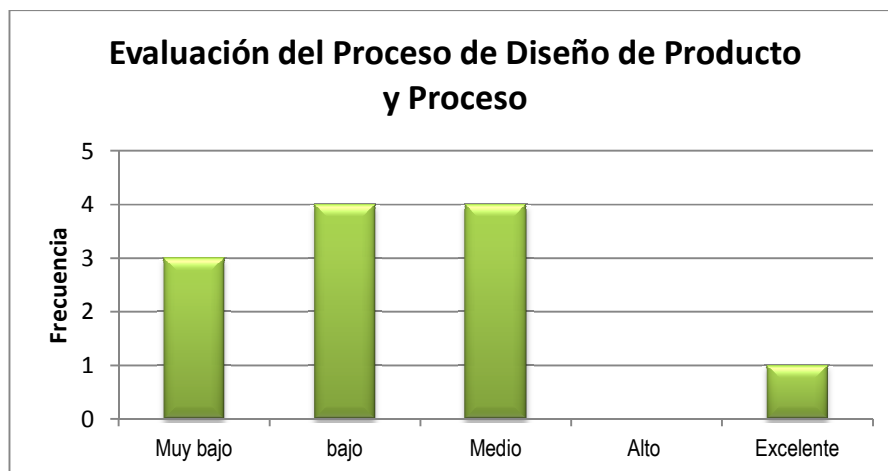
A la primera pregunta: ¿Cuáles de las siguientes Prioridades Competitivas tiene en cuenta su empresa?, se puede observar que el mayor porcentaje se inclina por la cantidad, la entrega y un buen servicio, y lo que menos les interesa es la innovación.

Figura No. 4 Resultados pregunta 2



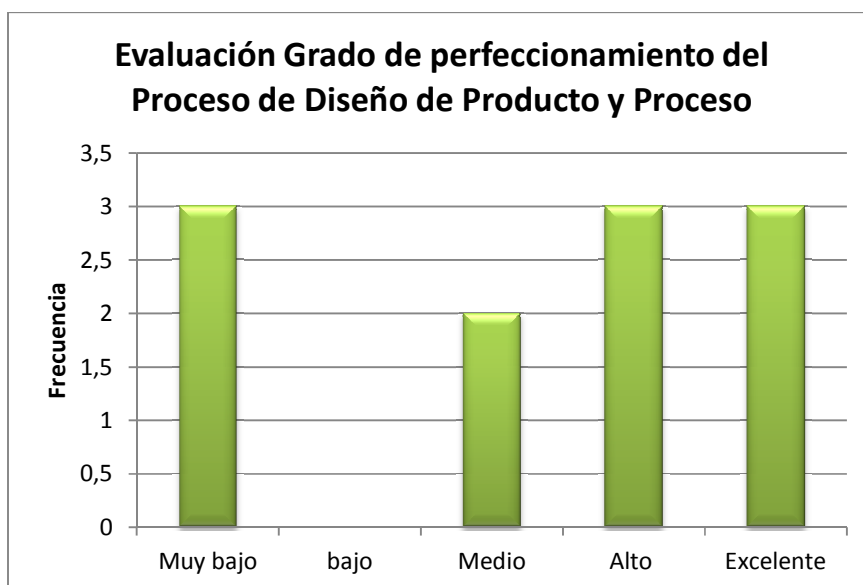
Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 5 Resultados pregunta 3



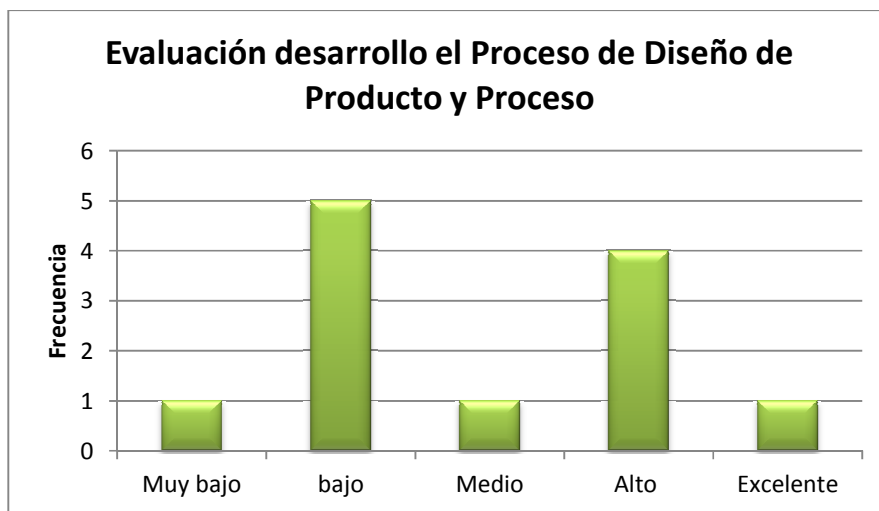
Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 6 Resultados pregunta 4



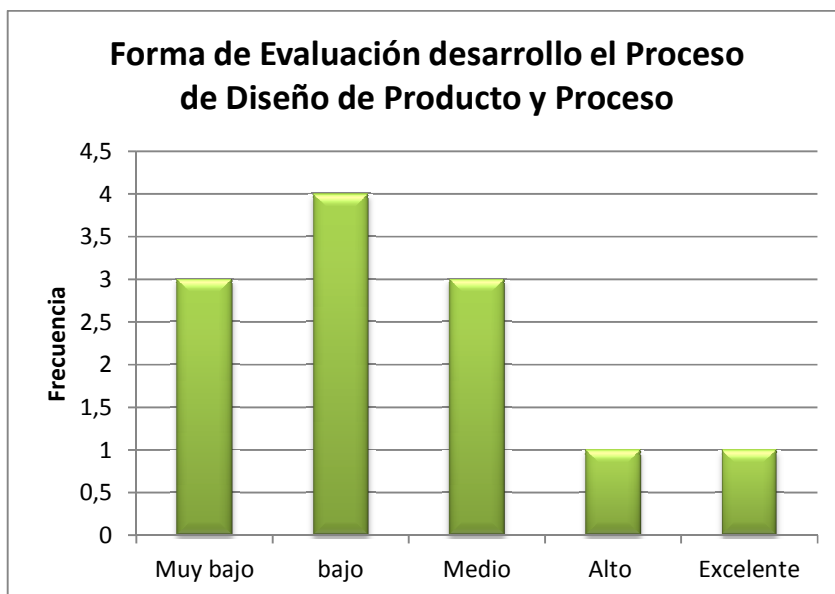
Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 7 Resultados pregunta 5



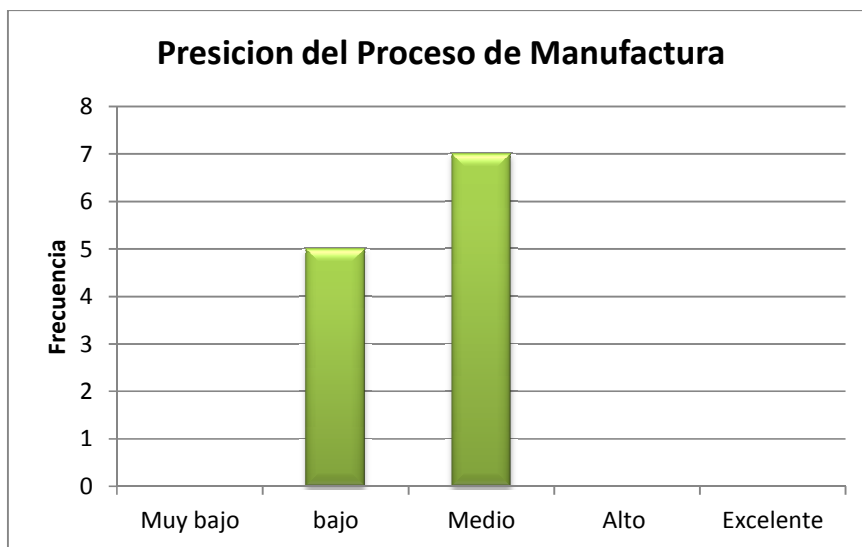
Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 8 Resultados pregunta 6



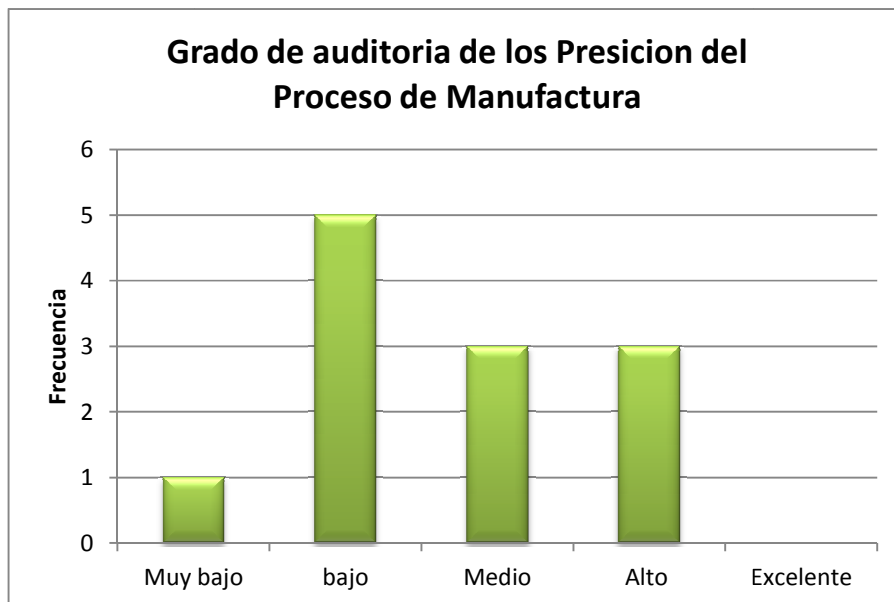
Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 9 Resultados pregunta 7



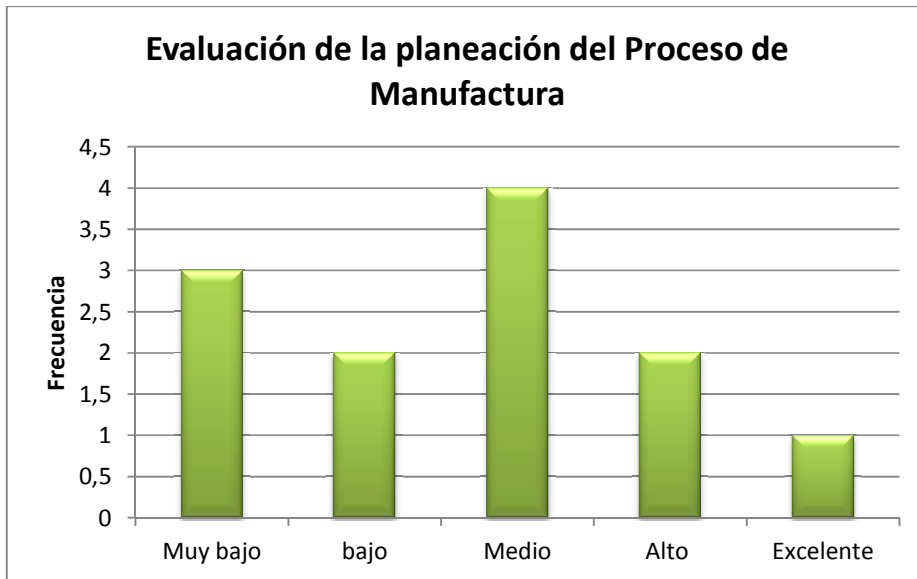
Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 10 Resultados pregunta 8



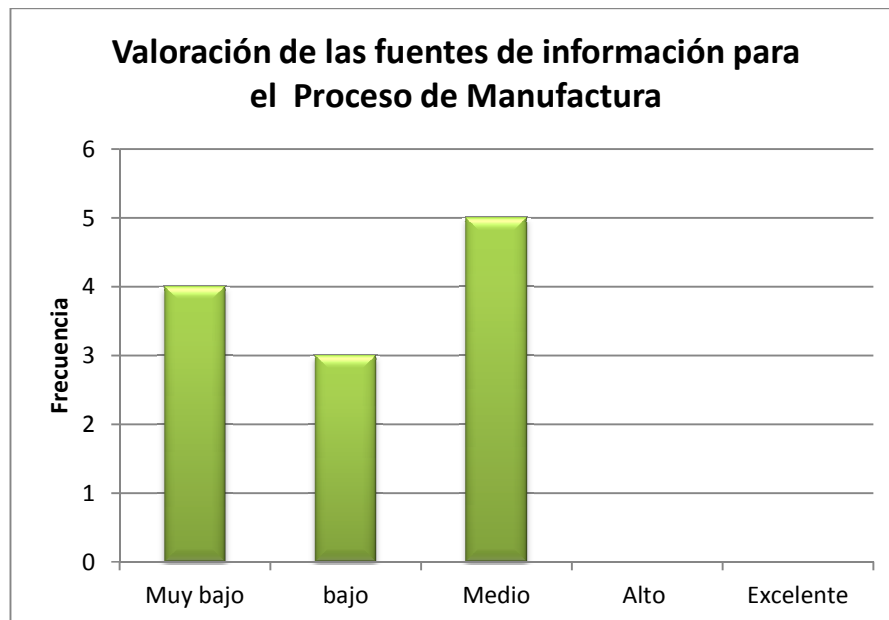
Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 11 Resultados pregunta 9



Fuente: Propiedad del autor

Figura No. 12 Resultados pregunta 10



Fuente: Propiedad del autor

De la anterior encuesta se puede concluir que las fuentes de diseño: Diseño de producto-Cliente con planos y Desarrollo del producto son frecuentemente utilizados, los datos que las empresas más involucran en el diseño de los productos son: Dimensiones máximas de manufactura posibles alcanzadas en las empresas, Referencias de productos y accesorios para ensamble, ajustes por rectificado y tratamiento térmico, Embalaje, transporte y montaje y las características del material de la pieza.

Lo que más tienen en cuenta las empresas al momento de planear las operaciones en el análisis de métodos y movimientos, seguido muy de cerca por la experiencia del operario e histórico de piezas similares y que la fuente de datos que más se utiliza para el proceso de mecanizado; es la participación de los trabajadores, seguido de la experiencia del operario y documentos generados internamente en las empresas. También se puede observar que los procesos de mecanizado tienen un nivel muy bajo de evaluación, puesto que la mayoría de las empresas contestó que raramente un grupo conformado por áreas de la empresa o un comité directivo hace evaluación al proceso de mecanizado.

2.1 Ecuaciones fundamentales

Utilizar ecuaciones es el método más tradicional a la hora de seleccionar procesos, en primer lugar el ingeniero o persona interesada escoge el material que se considera es el más adecuado teniendo en cuenta unos requerimientos de diseño y de funcionamiento de la pieza que se va a fabricar, y se utilizan las fórmulas matemáticas para identificar datos como: velocidad de corte, costo de mecanizado, ángulos de la herramienta, tiempo producción, entre otros.

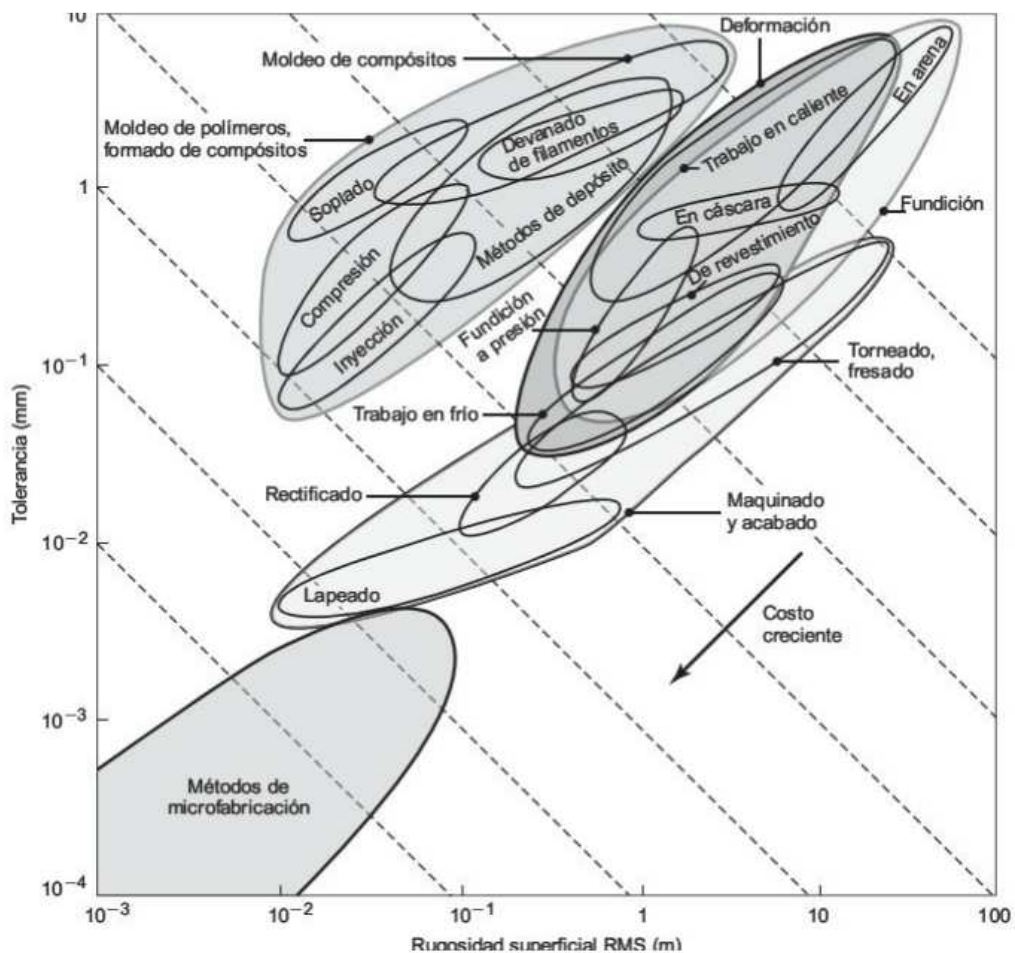
Un ejemplo de este tipo, es la fórmula para encontrar la potencia, la potencia es el producto de la fuerza y la velocidad de corte.

$$Potencia = F * Vc$$

2.2 Graficas

Este método se apoya en la utilización de gráficas, también son conocidas como cartas o mapas, este método surgió inicialmente para ser utilizados en la selección de materiales, esto se hacía comparando propiedades y cruzándolas con los diferentes tipos de materiales. Estas graficas no solo son utilizadas para la selección de materiales, en los últimos años su campo de aplicación se ha extendido para la calificación de costos, de valores de tolerancia y rugosidad para diferentes procesos tal y como se observa en la figura 13:

Figura No. 13 Carta de Tolerancia Vs Rugosidad



Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson Educación

Este método se explicara más a fondo en el Capítulo 4, puesto que es el que se utilizara para el desarrollo de la metodología,

2.3 Plataforma virtual

A parte de los métodos tradicionales para la selección de procesos; como la utilización de ecuaciones y la utilización de métodos gráficos, con el paso de tiempo algunos teóricos han desarrollado nuevos métodos que sean sencillos de manejar y que puedan involucrar todos los procesos existentes de producción.

Actualmente en internet se encuentra una plataforma virtual llamada: Custompartnet.com, esta página de internet permite seleccionar procesos de manufactura delimitando variables de producción y arrojando como resultado los procesos que son más compatibles con las características de las variables seleccionadas, se explicara detalladamente el funcionamiento de esta página virtual puesto realiza algo muy similar al fin de este presente proyecto, es una opción para las empresas al momento de seleccionar un proceso y sirve de guía para desarrollar el aplicativo propuesto en este documento.

Esta plataforma virtual da la posibilidad de delimitar siete variables de producción las cuales son:

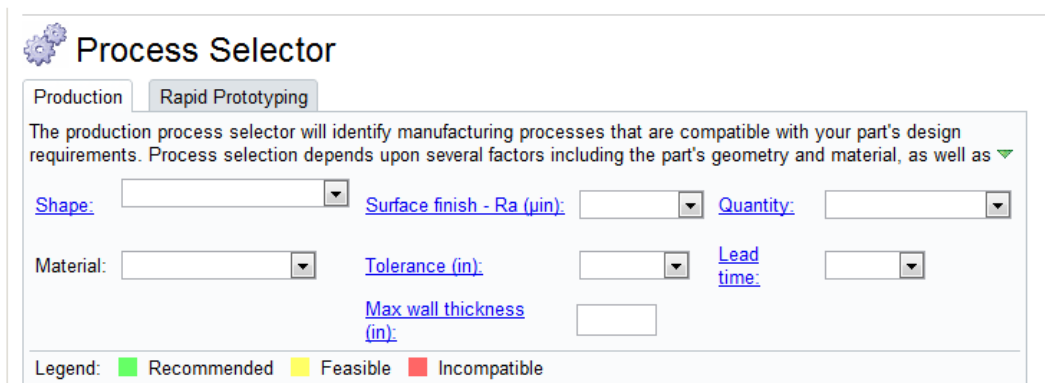
- Forma: entre los que se encuentran; plano, cilíndrico, cubico y complejo
- Material: los cuales son: materiales ferrosos: aleación de acero, acero carbono, hierro fundido, acero inoxidable, Metales no ferrosos: aluminio, cobre, magnesio, níquel, estaño, titanio, zinc, termoplásticos, termoestables y elastómeros.
- Acabado superficial: la unidad de medida es micro pulgadas Ra (μin) y clasifica el acabado superficial de la siguiente manera: 0.5-1, 1-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-63, 63-125, 125-250, 250-500, 500-1000 y 1000-2000
- Tolerancia: la unidad de medida es en pulgadas (in) y se da la posibilidad de de escoger las siguientes variables; ± 0.0001 , ± 0.0002 , ± 0.0005 , ± 0.001 , ± 0.002 , ± 0.005 , ± 0.01 , ± 0.02 y ± 0.05

- Máximo grosor de la pared: es el espesor máximo de la pared que puede tener la pieza, esta variable aplica principalmente a los procesos de moldeo y se puede escoger cualquiera de las siguientes opciones: 0.19, 0.06 y 0.50
- Cantidad: en la cantidad se puede escoger una de las siguientes variables: 1-100, 100-1.000, 1.000-10.000, 10.000-100.000, 100.000-1.000.000+
- Tiempo de ejecución: puede ser; horas, días, semanas y meses.

La página de internet da la posibilidad de comparar estas variables con los siguientes procesos:

- Procesamiento de polímeros: entre los cuales se encuentran; moldeo por compresión, moldeo por inyección, moldeo por inyección (volumen bajo), moldeo por inyección de metal, polímero de extrusión, moldeo rotacional, termoformado
- Fundición de metales: fundición centrífuga, fundición, inversión de fundición, el moldeado permanente, fundiciones en molde
- Mecanizado: máquina de descarga eléctrica (EDM), mecanizado electroquímico, (ECM), Fresado
- Formado de metales: en frío, extrusión en caliente, forjado en caliente, impacto de extrusión, Pulvimetalurgia, matrizado, hoja de fabricación de metal.

Figura No. 14 Página de selección de procesos



Process Selector

Production Rapid Prototyping

The production process selector will identify manufacturing processes that are compatible with your part's design requirements. Process selection depends upon several factors including the part's geometry and material, as well as ▼

Shape: Surface finish - Ra (µin): Quantity:

Material: Tolerance (in): Lead time:

Max wall thickness (in):

Legend: ■ Recommended ■ Feasible ■ Incompatible

Fuente: <http://www.custompartnet.com/process-selector>

Como se puede observar en la figura No. 14, la página da la posibilidad de comparar variables contra procesos mediante un método gráfico de colores, el color verde es el proceso recomendado, el amarillo indica que el proceso es viable y el color rojo quiere decir que el proceso es incompatible.

Para explicar más claramente el funcionamiento, se desarrollará el siguiente ejemplo:

Figura No. 15 Ejemplo de selección de procesos de manufactura

Proceso de selección

Producción Rapid Prototyping

El selector de proceso de producción se identifican los procesos de fabricación que son compatibles con los requisitos de diseño de su parte. Selección del proceso depende de varios factores incluyendo la geometría de la pieza y material, así como

Forma: El acabado superficial - Ra (µin): Cantidad: 1-100

Material: Acero carbono Tolerancia (in): ± 0.0001 Plazo de ejecución:

Max grosor de la pared (en):

Leyenda: ■ Recomendado ■ Factible ■ Incompatible

Fuente: <http://www.custompartnet.com/process-selector>

Se pueden delimitar las variables que sean necesarias, en este caso el material escogido es el Acero carbono, con una tolerancia de ± 0.0001 y rango de 1-100 piezas a manufacturar, se podría escoger la forma se requiere, con que acabado superficial, el máximo grosor de la pared y el plazo de ejecución, pero para efectos del ejemplo solo se encogerán las variables antes mencionadas.

La página de internet realiza un análisis individual de cada una de las variables y arroja el resultado mediante colores, para el acero carbono los procesos de manufactura recomendados son: moldeo por inyección de metal, fundición centrífuga, inversión de fundición, sand casting, fundición en molde, máquina de la

descarga eléctrica (EDM), mecanizado electroquímico (ECM), fresado, vuelta, moldeo en fio, forjado en caliente, impacto de extrusión, Pulvimetalurgia, hoja de fabricación de metal, y mecanizado, es factible el proceso de moldeo permanente y la extrusión en caliente, los demás procesos que aparecen en rojo en la columna llamada Tipo de material, son los procesos que no son compatibles para producir Acero carbono, de igual manera, se realiza el análisis para las variables de tolerancia y cantidad. Estos resultados se pueden observar en la figura No. 16.

Figura No. 16 Resultados de la selección de procesos

Proceso	Comparar	Tipo de material	Tolerancia	Cantidad
Procesamiento de Polímeros				
<input type="checkbox"/> Blow Molding		Red	Red	Red
<input type="checkbox"/> Moldeo por compresión		Red	Red	Red
<input type="checkbox"/> Contacto Molding		Red	Red	Yellow
<input type="checkbox"/> Moldeo por Inyección		Red	Red	Red
<input type="checkbox"/> Moldeo por inyección (volumen bajo)		Red	Red	Red
<input type="checkbox"/> Moldeo por inyección de metal		Green	Red	Red
<input type="checkbox"/> Polímero de extrusión		Red	Red	Red
<input type="checkbox"/> Moldeo Rotacional		Red	Red	Yellow
<input type="checkbox"/> Termoformado		Red	Red	Yellow
Fundición de metales				
<input type="checkbox"/> Fundición centrífuga		Green	Red	Yellow
<input type="checkbox"/> Fundición		Red	Red	Red
<input type="checkbox"/> Inversión de fundición		Green	Red	Yellow
<input type="checkbox"/> El moldeo permanente		Yellow	Red	Red
<input type="checkbox"/> Sand Casting		Green	Red	Green
<input type="checkbox"/> Fundiciones en molde		Green	Red	Red
Mecanizado				
<input type="checkbox"/> Máquina de la descarga eléctrica (EDM)		Green	Red	Green
<input type="checkbox"/> Mecanizado electroquímico (ECM)		Green	Red	Green
<input type="checkbox"/> Fresado		Green	Red	Green
<input type="checkbox"/> Vuelta		Green	Red	Green
Metal Forming				
<input type="checkbox"/> En frío		Green	Red	Red
<input type="checkbox"/> Extrusión en caliente		Yellow	Red	Red
<input type="checkbox"/> Forjado en caliente		Green	Red	Yellow
<input type="checkbox"/> Impacto de extrusión		Green	Red	Red
<input type="checkbox"/> Pulvimetalurgia		Green	Red	Red
<input type="checkbox"/> Hoja de Fabricación de Metal		Green	Red	Yellow
<input type="checkbox"/> Matrizado		Green	Red	Yellow

Fuente: <http://www.custompartnet.com/process-selector>

La página CustomPartNet, ofrece la posibilidad de delimitar variables de producción y orientar sobre cuáles son los procesos de manufactura más factibles para los requerimientos de quien consulta, pero considerando que un proceso de manufactura es entendido como un todo, en donde intervienen muchos factores, al momento de seleccionar el proceso, debe tenerse en cuenta todos estos factores o por lo menos tener la posibilidad de comparar los que más intervienen en la fabricación de una pieza, esta plataforma analiza cada variable por separado recomendando procesos de manera individual, sin tener en cuenta las demás variables que allí se encuentran, por encontrarse en una plataforma virtual su consulta está sujeta a que el propietario de la misma desee tenerla a consulta abierta, adicional a esto no es una página Colombiana lo que limita mucho su utilización puesto los límites que se proponen en las variables pueden variar en Colombia, maneja muchos procesos de producción pero la parte de mecanizado es muy vana, no explica con claridad en que consiste cada uno. Aunque este método no aplica al 100% al objetivo fundamental de este proyecto, esta plataforma juega un papel importante en el desarrollo de la misma puesto su función presenta rasgos similares a la metodología que se propondrá más adelante.

3 VARIABLES FUNDAMENTALES

3.1 Metodología de interacción de variables

Como se indicó en los capítulos anteriores, la selección de un proceso de manufactura es una tarea compleja en la que se deben tener en cuenta todos los factores que intervienen en el mismo, independientemente del tipo de pieza que se desee manufacturar existen criterios generales que aplican para todas; tales como los requerimientos de diseño, las especificaciones de funcionamiento, los materiales, la forma; entre otros.

Algunos de estos factores afectan directamente el proceso, en el caso específico del proceso de maquinado existen variables que son independientes al él, que no afectan de forma directa pero que se deben tener en cuenta, y existen factores que intervienen directamente en el proceso de maquinado los cuales son (Kalpakjian & Schmid, 2008):

Tabla No. 5 Factores que influyen en el proceso de mecanizado

PARÁMETRO	INFLUENCIA E INTERRELACIONES
Profundidad de corte, avance, fluidos de corte	Fuerzas, potencia, aumento de temperatura, vida de la herramienta, tipo de viruta, acabado superficial
Ángulos de la herramienta	Influencia sobre dirección de flujo de viruta; resistencia de la herramienta al desportillamiento
Viruta continua	Buen acabado superficial; fuerzas estables de corte; indeseable en maquinado automatizado
Viruta de borde acumulado	Mal acabado superficial; si el borde acumulado es delgado, puede proteger las superficies de la herramienta
Viruta discontinua	Preferible para facilidad al desecho de viruta; fuerzas fluctuantes de corte, puede afectar el acabado superficial y causar vibración y traqueo
Aumento de temperatura	Influye sobre la vida de la herramienta, en especial sobre el desgaste de cráter, y la exactitud dimensional de la pieza; puede causar daños

	térmicos a la superficie de la pieza
Desgaste de la herramienta	Influye sobre el acabado superficial, la exactitud dimensional, aumento de temperatura, fuerzas y potencia
Maquinabilidad	Se relaciona con la vida de la herramienta, el acabado superficial, las fuerzas y la potencia

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson Educación

Las variables independientes principales en este proceso son:

- Material, recubrimientos y estado de la herramienta
- Forma
- Material, estado y temperatura de la pieza
- Fluidos de corte
- Características de la máquina herramienta, como por ejemplo rigidez y amortiguamiento
- Sujeción y soporte de la pieza

Existen también variables dependientes que son influidas por cambios en las variables independientes, las cuales son:

- Tipo de viruta producida
- Fuerza y energía disipadas en el proceso
- Aumento de temperatura en la pieza, la viruta y la herramienta
- Desgaste y falla de la herramienta
- Acabado superficial producida en la pieza después de maquinarla

Como se puede observar los factores que influyen en el proceso de mecanizado tienen una gran relación con las variables independientes, es difícil pensar que cada variable actúa de manera independiente puesto que el cambio de una afecta el comportamiento de otras, por ejemplo, el material que se utiliza en la herramienta

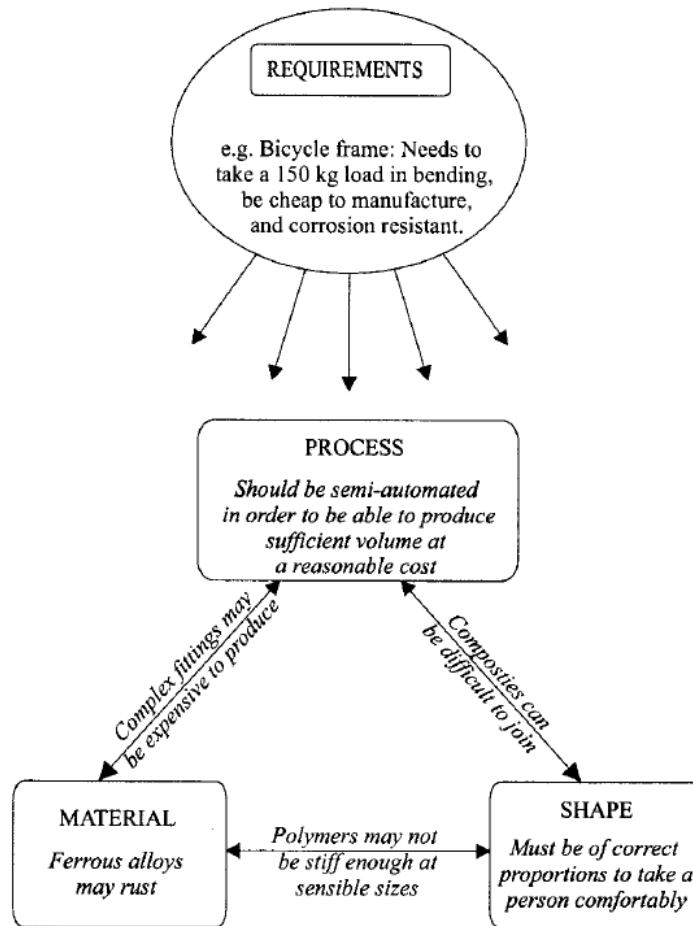
está directamente relacionado con la velocidad de corte, así a más velocidad de remoción de material mayor desgaste de la herramienta de corte y a su vez la velocidad de corte influye en el tipo de viruta generada en el proceso, que influye en el acabado superficial de la pieza, así se podría dar un ejemplo con todas las variables anteriores puesto que en su conjunto hacen posible la transformación de una materia prima para obtener un producto. Dado lo anterior, es necesario establecer una metodología para que sirva de guía para la interacción de las variables fundamentales y con esto poder empezar a estructurar el funcionamiento del aplicativo propuesto.

Los autores (Lovatt & Schercliff, 1998) identifican tres áreas que ayudan en la estructuración de los procedimientos de selección de diseño de un producto, en las que se encuentran: la selección del material que se va a utilizar, la forma requerida, y, el proceso que se utilizan para su fabricación. Existe una fase anterior a las tres anteriores, en la que se definen los requerimientos específicos que debe tener el producto, estos requerimientos pueden ser definidos de manera independiente sin necesidad de tener en cuenta las tres áreas antes mencionadas.

Contrario a la fase de identificación de requerimientos, las decisiones sobre la forma, proceso que se utilizará, y el material, no se toman de manera independiente, a medida que el proceso de diseño del producto avanza, cada área interactúa una con la otra y empiezan a aparecer restricciones de material, forma y proceso tal como se observa en la figura 17., en esta figura se observa el caso del diseño de una bicicleta, involucrando las tres áreas fundamentales de decisión: proceso, material y forma; se puede observar que las interacciones entre los tres también aportan más restricciones. La interacción entre las áreas puede ser de la siguiente manera:

Material con forma: es conveniente tener en cuenta las dos al mismo tiempo puesto algunos materiales tienen un número limitado de formas fácilmente disponibles.

Figura No. 17 Interacción de las áreas de selección en el diseño



Fuente: Lovatt, A., & Schercliff, H. (1998). Manufacturing process selection in engineering design. Part 1: the role of process selection. *Materials & Design*, 11.

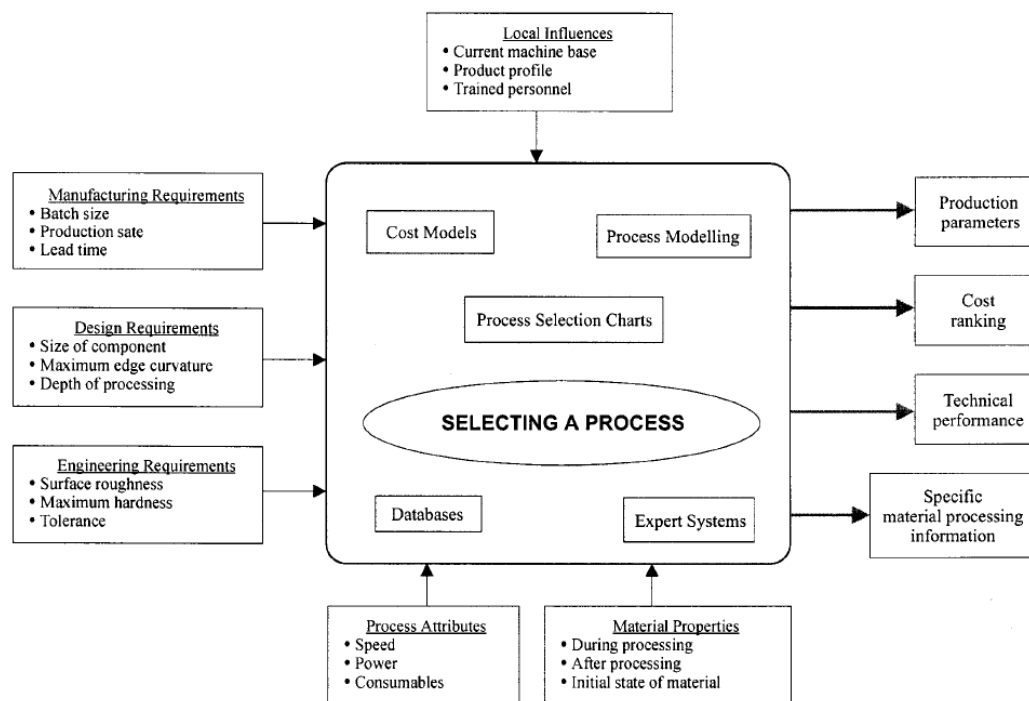
Forma con el proceso: los diseños complejos en muchas ocasiones son limitados por el número de partes y por el costo de fabricación, por esto no cualquier proceso es capaz de manufacturarlo.

Proceso con material: lo más evidente es la limitación de los procesos a ciertas clases de material, los plásticos no pueden ser mecanizados al igual que los aceros no pueden ser producidos por modelado por extrusión.

Proceso con material con forma: el diseño para una pieza moldeada por fundición es un buen ejemplo de la situación en la que todas las interacciones son importantes. Por ejemplo, la colocación de bandas dependerá de la capacidad de calor de tanto el material del molde y la aleación.

En este caso la mejor selección será en la que se tienen en cuenta el material, la forma y el proceso al mismo tiempo, pero en la actualidad no existe un método que permita interactuar diferentes variables para casos específicos de procesos de producción, (Lovatt & Schercliff, 1998) propone un esquema en el que se identifica la información de entrada y de salida en un proceso de selección:

Figura No. 18 Entradas, salidas y herramientas en el proceso de selección



Fuente: Lovatt, A., & Schercliff, H. (1998). Manufacturing process selection in engineering design. Part 1: the role of process selection. *Materials & Design*, 11.

Se puede observar que el esquema parámetros de entrada: requerimientos de manufactura, diseño e ingeniería, como insumos también se encuentran las influencias locales, los atributos del proceso y las propiedades del material, entre la

información de salida se encuentra: parámetros de producción, clasificación del costo, técnicas de rendimiento y material específico.

En resumen, es necesario establecer un procedimiento de selección, que evalúe de manera sistemática los diversos materiales, opciones de procesamiento y demás variables que intervienen, teniendo en cuenta las metodologías propuestas por (Lovatt & Schercliff, 1998) y las variables fundamentales para el proceso de mecanizado expuestas por (Kalpakjian & Schmid, 2008), se propone una estructura para desarrollar el aplicativo propuesto.

3.2 Estructura para el desarrollo del aplicativo

El desarrollo del aplicativo consta de tres principales partes: selección de materiales, delimitación de variables fundamentales, estudio del método más apropiado teniendo en cuenta las cartas y las bases de datos, y por último los parámetros de salida, partiendo de esto el aplicativo consta de cuatro fases fundamentales:

3.2.1 Fase 1

Para el desarrollo de esta fase, primero se realiza un estudio de los materiales utilizados en el proceso de mecanizado, esto con el fin de seleccionar los más utilizados en el proceso. Al iniciar el aplicativo se mostrara una lista de materiales propuestos para que el usuario seleccione el material con el que va a desarrollar la pieza, esta información servirá de insumo para la fase 2.

3.2.2 Fase 2

Teniendo en cuenta la exposición de variables fundamentales y variables independientes al proceso de mecanizado dado por (Kalpakjian & Schmid, 2008), en esta fase se plantean las variables que son consideradas parámetros de entrada, estas son: forma de la pieza, tamaño, tolerancia y rugosidad deseada.

A cada uno de estas variables se le realizará un estudio para delimitarlas y establecer rangos, para que el usuario tenga la posibilidad de escoger de seleccionar el rango que le aplica más.

3.2.3 Fase 3

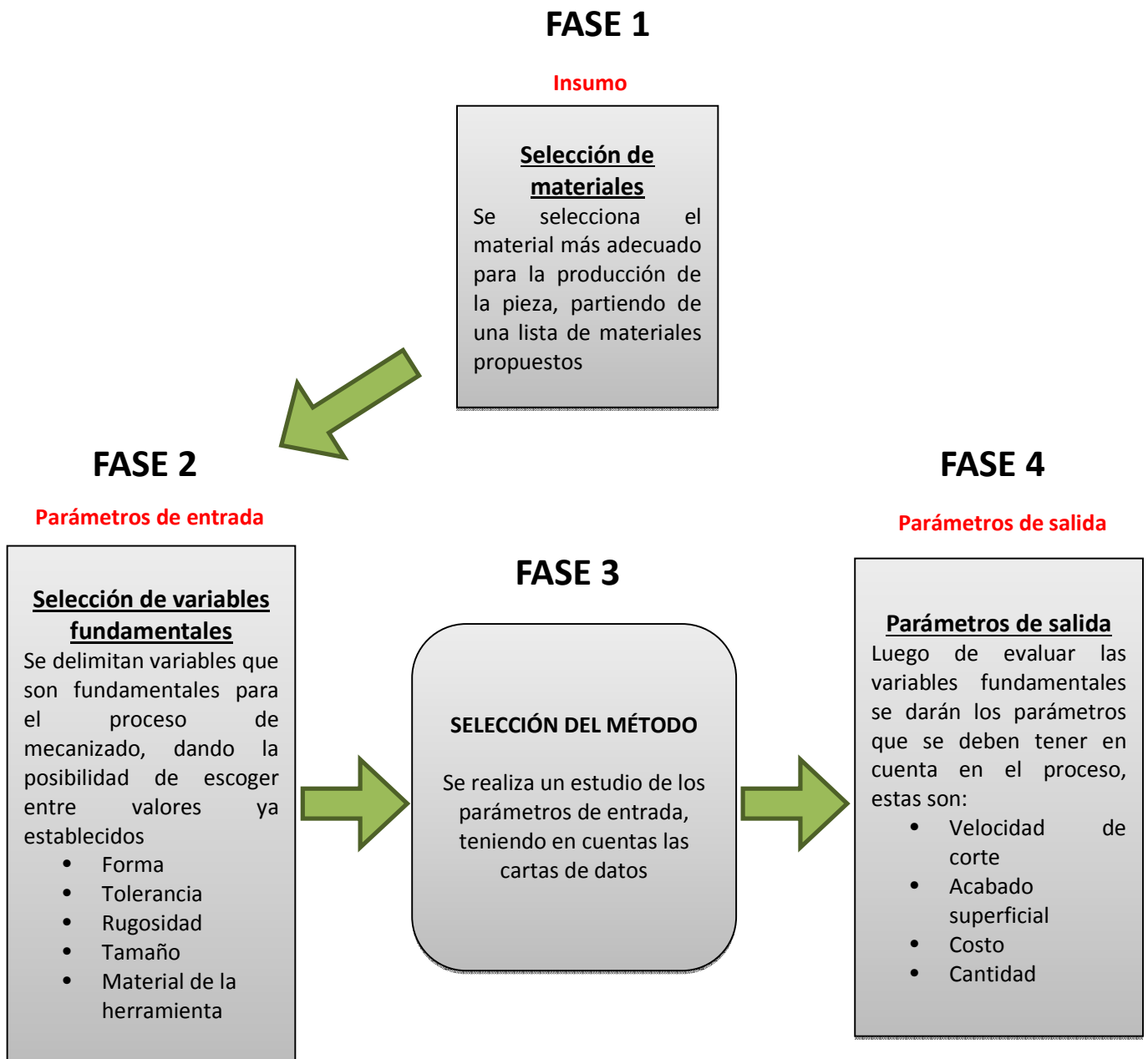
Teniendo en cuenta la información de los rangos seleccionados en la fase anterior, se realizara un estudio para conocer el proceso de fabricación a fin, se recuerda que los procesos posibles son los que se encuentran dentro del mecanizado por arranque de viruta, por las razones antes mencionadas.

3.2.4 Fase 4

Luego de tener seleccionado el método más apropiado, se dará la información de la velocidad de corte, acabado superficial, costo, y cantidad, estos serán los datos que se dan al usuario al finalizar el aplicativo. Estos parámetros de salida son recomendaciones de proceso obtenidos de un estudio previo que se realiza al interior del aplicativo.

En resumen el aplicativo tendrá la siguiente estructura: una primera parta en la que se realizara la selección del material que se considera más indicado para la producción de la pieza, luego se delimitaran las variables correspondientes al proceso de manufactura, se evaluaran estas variables para seleccionar el método de producción más apropiado y por último se darán los resultados del estudio de las variables anteriores, las cuales se llamaran parámetros de salida. Así, la estructura del aplicativo es la siguiente:

Figura No. 19 Estructura del aplicativo



Fuente: Propiedad del autor

Luego de identificar los las diferentes fases para el desarrollo se delimitaran las variables de entrada correspondientes a la fase 1 y 2, los cuales corresponde a la selección de materiales, identificación de las principales formas que maquina el proceso de mecanizado, los valores de tolerancia y rugosidad, el tamaño promedio de las piezas y los materiales de la herramienta de corte.

3.3 Selección de materiales

Los materiales que comúnmente son utilizados en el proceso de mecanizado son los metales y las aleaciones; las aleaciones son mezclas de dos o más metales.

La clase de metal que se utiliza para hacer una pieza depende del uso que se le va a dar a dicha pieza y si esta necesita algún tratamiento térmico, como el templado, el templado consiste en endurecer el metal calentándolo y enfriándolo de diferentes maneras, algunos metales pueden ser tratados térmicamente mediante templado y otros no, de ahí que unas piezas requieren diferentes tipos de metales. Es importante aprender a seleccionar el metal correcto antes de empezar a manufacturar una pieza pues sería un desperdicio de tiempo y material hacer una herramienta de corte de un acero de clase equivocada.

Los metales son uno de los elementos más comunes de la naturaleza, la mayor parte de ellos se obtienen por extracción de los minerales que los contienen como óxidos, sulfuros, carbonatos y silicatos, poseen las siguientes características: buena conductividad térmica y eléctrica, brillo característico llamado metálico, s6n poco reactivos con el hidrogeno, se pueden combinar con el oxígeno para formar óxidos, son dúctiles o deformables, son sólidos a temperatura normal (Excepto el mercurio que es liquido)

Los metales se caracterizan por sus propiedades físicas, mecánicas, químicas, magnéticas o eléctricas:

Propiedades físicas: son características propias de cada material, las cuales son: peso específico, punto de fusión, dilatación térmica y temperatura de solidificación.

Propiedades mecánicas: son aquellas que expresan el comportamiento de los metales frente a esfuerzos o cargas que tienden a alterar su forma, dentro de esta propiedad se encuentran cinco categorías: resistencia, dureza, elasticidad, ductilidad y tenacidad.

Propiedades químicas: es la resistencia que presenta un metal a la corrosión y a la oxidación, las propiedades químicas determinan la adaptabilidad de un metal para un propósito especial, la temperatura de fusión se encuentra también dentro de esta categoría.

Propiedades magnéticas o eléctricas: son las que tienen que ver con sus reacciones a las fuerzas magnéticas o eléctricas, muchos metales naturales son imanes y otros se convierten en imanes artificialmente, esta propiedad es importante porque debido a ella se puede producir electricidad en gran cantidad.

Los metales se dividen en dos tipos generales: ferrosos y no ferrosos, los metales ferrosos son los que tienen hierro, los metales no ferrosos son aquellos que no contienen hierro, también se pueden clasificar de acuerdo a su peso específico (Pe), pueden ser pesados, ligeros o ultraligeros.

(Feirer, 2000) Comúnmente los metales se usan en tres formas básicas:

1. Fundiciones o piezas fundidas
2. Forjas o piezas forjadas: las piezas que son forjadas se utilizan para producir piezas que requieren gran resistencia y rigidez, la mayor parte de de las piezas forjadas tienen que ser maquinadas entre de poder ser usadas.
3. Barras comerciales: es la forma más común de los materiales para maquinar, estas barras comerciales se hacen en formas estándar y se consiguen de diferentes tamaños.

Los metales puros como el aluminio, el cobre y el níquel comercialmente son utilizados individualmente para varios fines, el aluminio es utilizado para hojas, el cobre para conductores eléctricos, el níquel y el cromo para deposición, el oro para contactos eléctricos, por lo que se considera que los metales puros tienen

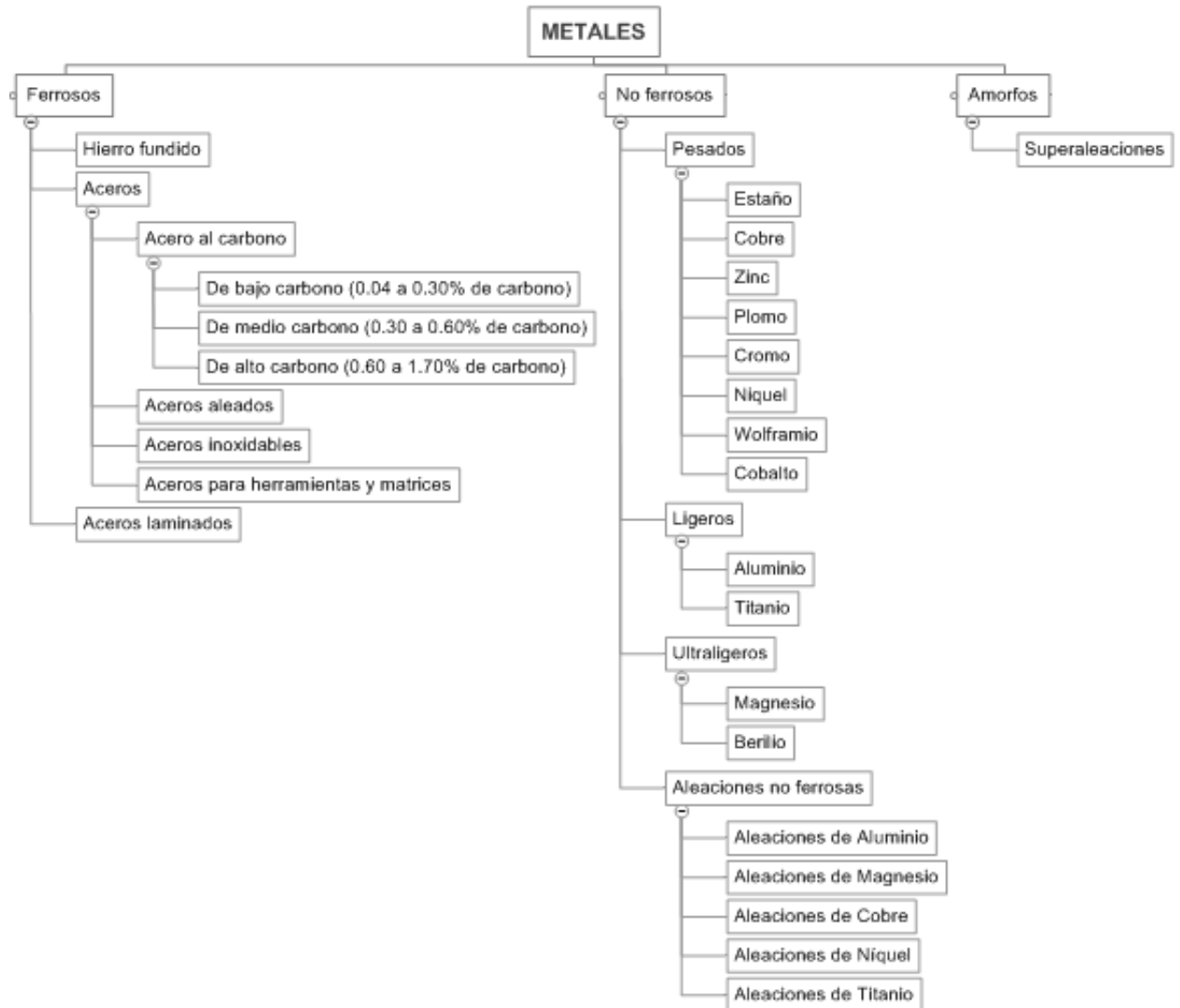
propiedades algo limitadas, estas propiedades pueden ser mejoradas mediante la aleación.

Una aleación es una mezcla de dos o más elementos químicos, por lo menos uno de ellos debe ser un metal, las aleaciones usualmente están conformadas por un metal base (la parte mayor de la aleación) y una cantidad menor de otros metales, estos componentes básicos son: soluto y solvente. El soluto es el elemento menor que se agrega al solvente, que es el elemento mayor, cuando durante la aleación se mantiene la estructura del solvente, la aleación se conoce como solución sólida, también pueden darse compuestos intermetálicos, los cuales son estructuras complejas en donde los átomos de soluto están presentes en ciertas proporciones entre los átomos de solvente.

Las aleaciones también pueden definirse en dos tipos: ferrosas y no ferrosas. Las aleaciones ferrosas tienen al hierro como su principal metal de aleación, contrario a las aleaciones no ferrosas que tienen un metal distinto al hierro. Dentro de las aleaciones ferrosas se encuentra el acero, considerado el más importante por la variedad de aplicaciones y por sus propiedades mecánicas, estas propiedades pueden variar con los tratamientos térmicos, también se encuentran los aceros inoxidables y los hierros para fundición. Entre las aleaciones no ferrosas se encuentra la de aluminio, las de magnesio, titanio y níquel.

De lo anterior se pueden clasificar los metales de la siguiente manera:

Figura No. 20 Clasificación de los metales



Fuente: Propiedad del autor

Con el propósito de conocer los materiales que son más utilizados en el proceso de mecanizado se expondrá a fondo las características y aplicaciones de los materiales denominados metales, siguiendo la clasificación de la figura 20., tenemos los siguientes materiales:

3.3.1 Metales ferrosos

El acero y el hierro fundido son los metales más comunes en uso general. El acero es una aleación que contiene principalmente hierro, carbono y algunos otros elementos en cantidades variables. Puede obtenerse una gran variedad de propiedades físicas controlando el contenido de carbono y el de otros elementos de aleación. (Feirer, 2000).

(Wojcik, Mejía, & Gómez, 2007) Los metales se caracterizan por su gran plasticidad y maleabilidad a elevadas temperaturas, alta resistencia al desgaste, etc. Este material a través del tratamiento térmico logra una excelente maquinabilidad, así como buenas propiedades mecánicas, como alta dureza, alta resistencia y tensidad,

Las categorías generales de los metales ferrosos son: aceros al carbono y aleados, los aceros inoxidable, aceros para herramientas y matrices, los hierros fundidos y aceros laminados.

3.3.1.1 Acero al carbono y aleado

Los aceros al carbono ordinarios contienen además de hierro y carbono, cantidades pequeñas de silicio, azufre, fósforo y manganeso. Los aceros aleados se forman por la adición de uno o más de los siguientes elementos: níquel, cromo, molibdeno, vanadio, tungsteno, manganeso, silicio y otros elementos de aleación en pequeñas cantidades. Están disponibles en varias formas básicas: placa, hojalata, barra, alambre, tubo, fundiciones y forjas. Los aceros al carbono se clasifican por lo general en función a la proporción del contenido de carbono:

El acero al bajo carbono también conocido como acero suave o dulce, contiene de 0.04 a 0.30% de carbono. No contiene el carbono suficiente para ser endurecido. Los de bajo contenido en carbono se usan por lo general para piezas de baja resistencia como pernos, tuercas, láminas, placas y tubos.

El acero de medio carbono tiene de 0.30 a 0.60% se emplean generalmente para piezas forjadas que requieren una resistencia más elevada a la disponible en los aceros de bajo carbono como engranes, ejes, bielas y cigüeñales.

El *acero al alto carbono* contiene de 0.60 a 1.70% de carbono, los aceros con alto contenido de carbono se utilizan para piezas de alta resistencia mecánica, dureza y resistencia al desgaste, tales como herramientas de corte, cable, alambres y resortes.

Se conocen como aceros aleados, los aceros que contienen cantidades significativas de elementos de aleación, son utilizados principalmente en las industrias de la construcción y del transporte en aplicaciones donde se requiere resistencia mecánica, dureza, resistencia a la cedencia y a la fatiga, y tenacidad. Algunos de los elementos de aleación más comunes son: Manganeso, Silicio, Azufre, Fósforo, Níquel, Cromo, Molibdeno, Vanadio y Tungsteno

3.3.1.2 Acero Inoxidable

(Kalpakjian & Schmid, 2008) Los aceros inoxidable se caracterizan principalmente por su resistencia a la corrosión, elevada resistencia y ductilidad y elevado contenido de cromo. Es llamado inoxidable porque en presencia de oxígeno forman una película delgada y dura, muy adherente de óxido de cromo, que protege el metal contra la corrosión. Otros elementos de aleación en los aceros inoxidable son el níquel, molibdeno, cobre, titanio, silicio, manganeso, colombio, aluminio, nitrógeno y azufre.

Por lo general los aceros inoxidable se dividen en cinco tipos, como se observa en la tabla 6, estos son:

- Austenítico (series 200 y 300), generalmente están compuestos de cromo, níquel y manganeso. Tienen una excelente resistencia a la corrosión pero son susceptibles al agrietamiento por esfuerzo corrosión.
- Ferríticos (series 400), tienen un elevado contenido de cromo hasta 27%. Son magnéticos y tienen buena resistencia a la corrosión.
- Martensíticos (series 400 y 500), la mayor parte no contiene níquel, son magnéticos y tienen una elevada resistencia, dureza y resistencia a la fatiga, una buena ductilidad y una resistencia moderada a la corrosión.

- Endurecidos por precipitación PH, contienen cromo y níquel además de cobre, aluminio, titanio o molibdeno. Tienen una buena resistencia a la corrosión, buena ductilidad y una elevada resistencia a temperaturas altas.
- Estructura dúplex, estos aceros son una mezcla de austenita y de ferrita. Tienen buena resistencia y tienen una resistencia más alta a la corrosión y al agrietamiento por esfuerzo corrosión.

Tabla No. 6 Propiedades mecánicas a temperatura ambiente y aplicaciones típicas de aceros inoxidables recocidos

AISI (UNS)	Resistencia tensil máxima (MPa)	Resistencia a la cedencia (MPa)	Elongación en 50 mm (%)	Características y aplicaciones típicas
303 (S30300)	550-620	240-260	53-50	Productos de máquinas de roscar, flechas, válvulas, pernos, bujes y tuercas: acoplamiento para aeronaves
304 (S30400)	565-620	240-290	60-55	Equipo químico y de procesamiento de alimentos, equipo para cervecerías, recipientes criogénicos, canalones, tubos de descenso
316 (S31600)	550-590	210-290	60-55	Elevada resistencia a la corrosión y alta resistencia a la cedencia. Equipo para manejar productos químicos y pulpas, equipo fotográfico, cubas para brandy, piezas fertilizantes.
410 (S41000)	480-520	240-310	35-25	Piezas para maquinaria, flechas de bombas, pernos, bujes, rampas para carbón, cuchillería, implementos de pesca, herrajes, piezas de motor a chorro, maquinaria para la industria minera, cañones para rifles, tornillos y válvulas.
416 (S41600)	480-520	275	30-20	Acoplamientos para aeronaves, pernos, tuercas, insertos para extintores de incendio, remaches y tornillos

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson Educación.

3.3.1.3 Hierro fundido

Generalmente se emplea para fabricar piezas pesadas de muchas máquinas. Es el material más común para hacer piezas de fundición, es frágil y no se le puede martillar ni doblar. Contiene de 2.00 a 4.00 % de carbono, existen varios tipos de hierro fundido: el gris, dúctil, blanco y el maleable (Mott, 2009):

- Hierro gris, es un poco frágil debido a que no tiene una buena resistencia a la tracción, una característica sobresaliente de este tipo de hierro es que su resistencia a la compresión es muy alta, principalmente es utilizado en bloques de motor automotrices, bases de maquinaria, tambores de freno y grandes engranes.
- Hierro dúctil, este tipo de hierro tiene un mayor porcentaje de alargamiento y una resistencia a la tensión más alta que el hierro gris. Comúnmente es empleado en cigüeñales y engranes para trabajos pesados.
- Hierro blanco, se produce enfriando rápidamente una pieza fundida de hierro gris o hierro dúctil durante el proceso de solidificación, se hace enfriamiento a partes seleccionadas, estas partes se vuelven muy duras y tienen alta resistencia al desgaste, pero las partes más alejadas del medio de enfriamiento se solidifican más lentamente y adquieren las propiedades normales del hierro base.
- Hierro maleable, es utilizado en piezas automotrices y de camión, maquinaria de construcción y equipo eléctrico, la resistencia a la tensión es comparable a la del hierro dúctil y la resistencia a la compresión máxima es un poco más alta que la del hierro dúctil.

3.3.1.4 Acero laminado

Este tipo de acero es utilizado para la construcción de estructuras metálicas, se obtiene a través de la laminación de acero, los aceros *laminados en caliente* toman su forma mientras el metal está caliente al rojo, este pasa a través de una serie de

rodillos, cada uno de los cuales está más cercano al siguiente. Cuando el acero pasa por los últimos rodillos, se rocía con agua caliente. Esto hace un acero muy uniforme y se utiliza para piezas de muchas clases diferentes. Los *aceros laminados en frío* son empleados cuando es necesaria una gran exactitud y mejor acabado superficial.

3.3.1.5 Acero para herramientas

Son aceros que se utilizan para piezas como cinceles, martillos, destornilladores, resortes y herramientas y matrices usadas para cortar y dar forma a los metales, una característica importante del acero para herramientas es que este debe ser capaz de ser templado y revenido.

3.3.2 Metales no ferrosos

Los metales no ferrosos tienen diversas aplicaciones importantes debido a sus propiedades como la resistencia a la corrosión, elevada conductividad térmica y eléctrica, baja densidad y facilidad de fabricación. Entre las aplicaciones más comunes está el aluminio para utensilios de cocina y fuselaje de aeronaves, alambre de cobre para conductores eléctricos, tubería de cobre, el zinc para las láminas de metal galvanizado para la carrocería de automóviles, entre otros. Los principales metales no ferrosos son:

- Cobre, es uno de los metales no ferrosos más importantes, tiene una excelente resistencia a la corrosión causada por el agua salada
- Zinc, es utilizado como ingrediente para la fabricación del latón y como capa protectora en láminas de acero
- Estaño, es poco utilizado, se utiliza principalmente como ingrediente de aleación como por ejemplo, aleado con el cobre produce bronce,
- Níquel, es un metal maleable y dúctil, con frecuencia es usado como recubrimiento sobre todos los metales.

- Bronce, es producido al añadir al cobre elementos de aleación (otros metales), es muy resistente a la corrosión. Puede usarse para engranajes, piezas de bombas, resortes, varillas para soldadura y cojinetes.
- Aluminio, rara vez se utiliza en forma pura, generalmente es aleado con otros metales para formar un metal muy ligero y fuerte, es ampliamente utilizado por su ligereza, fácil de trabajar, buena apariencia y alta resistencia a la corrosión

3.3.2.1 Aleaciones no ferrosas

, contrario a las aleaciones ferrosas, las no ferrosas no contienen hierro, estas tienen un metal distinto al hierro. Entre las aleaciones no ferrosas más importantes se encuentra la de aluminio, las de magnesio, cobre, titanio y níquel.

- Aleaciones de aluminio, tiene una alta corrosión frente a algunos productos químicos, no se considera toxico, facilidad de maquinado, reflectividad, son utilizados principalmente en recipientes y empaques, en edificios, en aplicaciones eléctricas, en aparatos domésticos, en herramientas portátiles y en el alambrado de transmisión de alto voltaje.
- Aleaciones de magnesio, tiene buenas características de amortiguamiento de las vibraciones, es aleado con otros elementos con el fin de elevar la relación de resistencia a peso, se utiliza principalmente en componentes de poco peso como herramientas eléctricas portátiles, artículos deportivos, bicicletas, entre otros.
- Aleaciones de cobre, son buenos conductores de la electricidad y del calor, tienen una buena resistencia a la corrosión y resistencia al desgaste por eso son utilizados en aplicaciones como resortes, cartuchos para pequeñas armas de fuego, plomería, intercambiadores de calor, herrajes marinos y artículos decorativos,
- Aleaciones de titanio, tiene una elevada relación resistencia a peso, y resistencia a la corrosión, se utiliza principalmente en aeronaves, autos de

carrera, componentes para la industria química, petroquímica y aplicaciones marianas, entre otros.

- Aleaciones de níquel, es utilizado ampliamente en los aceros inoxidable, este elemento imparte resistencia, tenacidad y resistencia a la corrosión. Principalmente se utilizan en aplicaciones de alta temperatura como componentes de motores a chorro, motores a reacción y plantas nucleares.

Para seleccionar los materiales que se utilizarán para el desarrollo del aplicativo, se tuvo en cuenta aquellos que son más utilizados en el proceso de mecanizado, para identificarlos, se recurrió a la información teórica y bases de datos de (Feirer, 2000) y (Kalpakjian & Schmid, 2008), en especial, se observaron tablas con información de máquinas, herramientas de corte utilizadas, y el material a mecanizar, así como se observa en la tabla 8:

Tabla No. 7 Energía necesaria en las operaciones de corte

Material	Energía específica	
	$W \cdot s/mm^3$	hp · min/pulg ³
	Aleaciones de aluminio	0.4–1
Hierros fundidos	1.1–5.4	0.4–2
Aleaciones de cobre	1.4–3.2	0.5–1.2
Aleaciones de alta temperatura	3.2–8	1.2–3
Aleaciones de magnesio	0.3–0.6	0.1–0.2
Aleaciones de níquel	4.8–6.7	1.8–2.5
Aleaciones refractarias	3–9	1.1–3.5
Aceros inoxidables	2–5	0.8–1.9
Aceros	2–9	0.7–3.4
Aleaciones de titanio	2–5	0.7–2

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición

Los materiales que se seleccionan para el desarrollo del aplicativo los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No. 8 Materiales propuestos

Materiales propuestos	Proceso
Aceros aleados	Torneado, Fresado, Brochado, Aserrado
Acero al carbono	Torneado, Fresado, Rectificado, Aserrado
Acero Inoxidable	Torneado, Taladrado, Fresado, Cepillado
Aleaciones de aluminio	Torneado, Taladrado, Fresado, Cepillado, Brochado
Aleaciones de magnesio	Torneado, Taladrado, Cepillado, Brochado
Aleaciones de cobre	Torneado, Taladrado, Fresado, Cepillado, Aserrado
Hierro fundido	Torneado, Taladrado, Fresado, Cepillado, Rectificado
Aluminio	Rectificado
Cobre	Aserrado

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición; Feirer, J. L. (2000). *Maquinado de metales con máquinas herramientas*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.

3.4 Forma

El proceso de mecanizado ofrece la posibilidad de hacer formas variadas que van desde lo simple hasta formas muy complejas, en la Tabla 9., se puede observar como (Kalpakjian & Schmid, 2008) da una forma o característica de una pieza y expone los procesos de producción que se pueden utilizar.

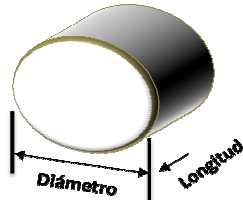
Tabla No. 9 Formas y algunos métodos comunes de producción

Forma o característica	Método de producción
Superficies planas	Laminado, cepillado, brochado, fresado, formado, esmerilado
Piezas con cavidades	Fresado de acabado, maquinado por descarga eléctrica, maquinado electroquímico, maquinado ultrasónico, fundición
Piezas con características agudas	Fundición de molde permanente, maquinado, esmerilado, metalurgia de polvos
Formas huecas delgadas	Fundición en cascara, electroformado
Formas tubulares	Extrusión, estirado, formado por rodillos, girado, fundición centrífuga
Piezas tubulares	Formado con hule, expansión con precisión hidráulica, formado explosivo, rechazado
Curvatura en laminas delgadas	Formado estirado, formado por golpeado, ensamble
Aperturas en hojas delgadas	Troquelado, troquelado químico, troquelado foto químico
Secciones transversales	Estirado, extruido, cepillado de acabado, torneado, esmerilado o rectificando sin centros
Bordes a escuadra	Troquelado fino, maquinado, rasurado, esmerilado con banda
Pequeños orificios	Láser, electroerosión maquinado, maquinado electroquímico
Texturas superficiales	Moldeado, cepillado con alambre, esmerilado, esmerilado con banda, granalla de acero, grabado, deposición
Características detalladas de las superficies	Acuñado, fundición a la cera perdida, fundición en molde permanente, maquinado
Partes roscadas	Corte de roscas, laminado de roscas, esmerilado de roscas, bruñido
Piezas muy grandes	Fundición, forja, ensamble
Piezas muy pequeñas	Fundición a la cera perdida, maquinado, grabado, metalurgia de polvos, nanofabricación, micro maquinado

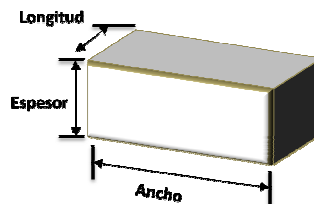
Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson Educación

Los materiales que se seleccionaron anteriormente por lo general se consiguen en barras comerciales, las cuales son hechas en formas estándar y en diferentes tamaños. Cada pieza manufacturada tiene formas y tamaños diferentes, pero al momento de mecanizar se selecciona una barra que tenga una forma similar a la pieza, con el fin de no desperdiciar material y no se aumente el costo. Así encontramos cinco formas estándar de las barras comerciales (Feirer, 2000):

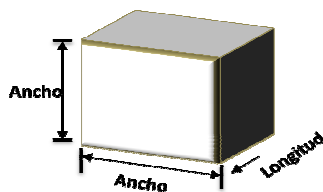
1. Redonda: tiene solo dos dimensiones; el diámetro y la longitud, cuando se pide la barra se debe dar primero el diámetro y luego la longitud, generalmente los tamaños van en diámetros desde 3/16 hasta 9 pulgadas.



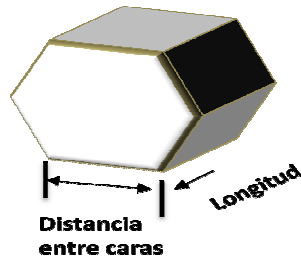
2. Plana: tiene tres dimensiones; espesor, ancho y longitud, para pedir la barra se deberá dar primero el espesor, después el ancho y finalmente la longitud, los tamaños en que generalmente van desde 1/8 por 5/8 plg hasta 3 por 4 plg.



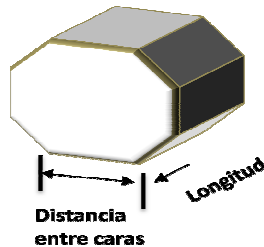
3. Cuadrada: se tienen en cuenta tres dimensiones: ancho 1, ancho 2 y longitud, se debe tener en cuenta que los dos anchos son iguales, al momento de pedir la barra se pone el ancho dos veces y luego la longitud. Los tamaños más comunes más desde 1/4 por 1/4 plg hasta 4 1/2 por 4 1/2 plg.



4. Hexagonal: tiene dos dimensiones: distancia entre las caras y longitud, para pedir la barra se deberá dar primero la distancia entre las caras y después la longitud, el tamaño va desde 1/4 hasta 4 plg.



5. Octagonal: al igual que la forma hexagonal, se especifica por la distancia entre las caras y la longitud al momento de pedirla, el tamaño puede variar de $\frac{1}{2}$ hasta $1\frac{3}{4}$ plg.



Las maquinas utilizadas en el mecanizado por arranque de viruta parten de las formas básicas en las que vienen el material para así mismo mecanizar la pieza, no todos los procesos tiene la facilidad de producir formas redondas, cuadradas, agujeros o combinaciones de todas, por lo tanto se establecen tres formas básicas en las que se pueden producir piezas y se asocian a los procesos de mecanizado, así como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla No. 10 Formas que se pueden producir en el mecanizado

Formas a producir	Proceso capaz de mecanizarlo
Redonda	Torneado, Taladrado, Rectificado.
Plana	Cepillado, Brochado, Fresado, Aserrado, Rectificado.
Diversas	Fresado, Cepillado, Brochado, Aserrado, Fresado

Fuente: Basado en Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson Educación., Propiedad del autor.

3.5 Tolerancia

Debido a la evolución tecnológica de los últimos años ha surgido la necesidad de fabricar piezas más precisas, puesto que es imposible fabricar dos piezas que tengan exactamente las mismas dimensiones, por variaciones en las maquinas o en los procesos de manufactura o en los materiales, etc.

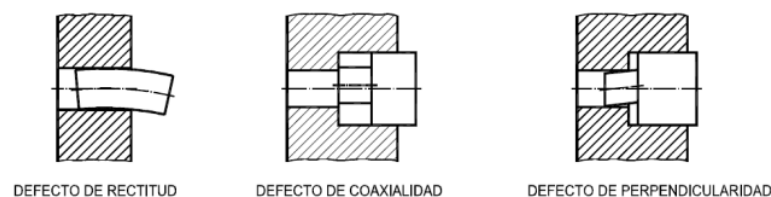
(Alonso, 2010) Las tolerancias permiten generar piezas estandarizadas para enlazar unas con otras y generar conjuntos, permite sustituir piezas que se han deteriorado por unas nuevas que cumplan las características adecuadas para que las maquinas funcionen correctamente.

Existen dos tipos de tolerancia (Alonso, 2010):

Tolerancia dimensional: Se define como tolerancia dimensional a la variación permisible en las dimensiones (altura, ancho, profundidad, diámetro, ángulos) de una parte. Para esto se establece un límite superior y otro inferior, dentro de los cuales tienen que estar las piezas para ser aceptadas.

Tolerancia geométrica: esta tolerancia afecta la forma y la geometría de la pieza, en algunos casos no es suficiente especificar las tolerancias dimensionales, con el fin de asegurar un correcto montaje y funcionamiento de los mecanismos, se verifica que la pieza cumpla con especificaciones de rectitud, planicidad, redondez, cilindricidad, paralelismo, perpendicularidad, inclinación, concentricidad, posición, oscilación circular radial, axial o total. Algunos de los defectos que pueden ocasionar la falta de tolerancia geométrica:

Figura No. 21 Irregularidades geométricas



Fuente: <http://mantenim.files.wordpress.com>

Según la norma UNE 1121, los símbolos utilizados para la indicación de tolerancias geométricas son:

Tabla No. 11 Símbolos para la indicación de tolerancias geométricas

<i>Tipo de tolerancia</i>	<i>Características</i>	<i>Símbolo</i>
Forma	Rectitud	—
	Planicidad	□
	Redondez	○
	Cilindricidad	⊘
	Forma de una línea	⤿
	Forma de una superficie	⤿
Orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	⊥
	Inclinación	∠
Situación	Posición	⊕
	Concentricidad y coaxialidad	⊙
	Simetría	≡
Oscilación	Circular	↗
	Total	↗↘

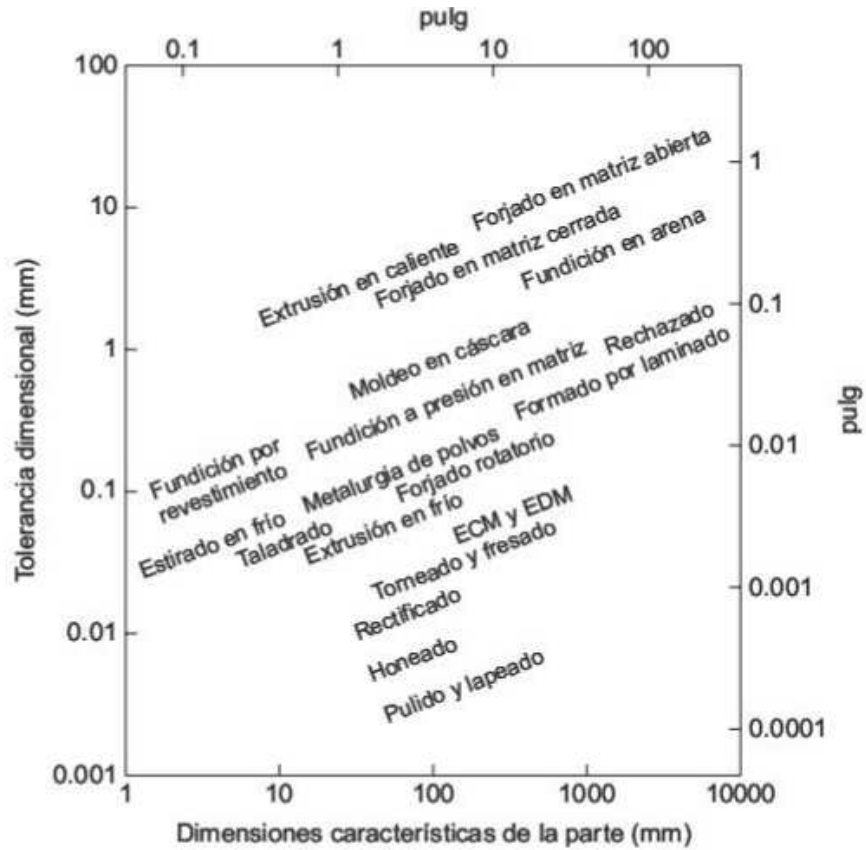
Fuente: <http://mantenim.files.wordpress.com>

En el desarrollo del presente trabajo solo se tendrá en cuenta la tolerancia dimensional puesto que verificar el cumplimiento de la tolerancia geométrica requiere medios metrológicos y métodos de medición complejos.

La tolerancia dimensional se indica en milímetros (mm), la tolerancia influye en los costos de maquinado, puesto si un diseñador especifica una tolerancia de (± 0.025 mm) para el diámetro de un agujero de (6.35 mm), esta tolerancia podría lograrse por una operación de taladrado, pero adicional necesitaría una operación de escariado para satisfacer la precisión requerida.

Diferentes autores clasifican algunos procesos de producción teniendo en cuenta las tolerancias permitidas en cada uno de ellos, (Kalpakjian & Schmid, 2008) expone varios ejemplos:

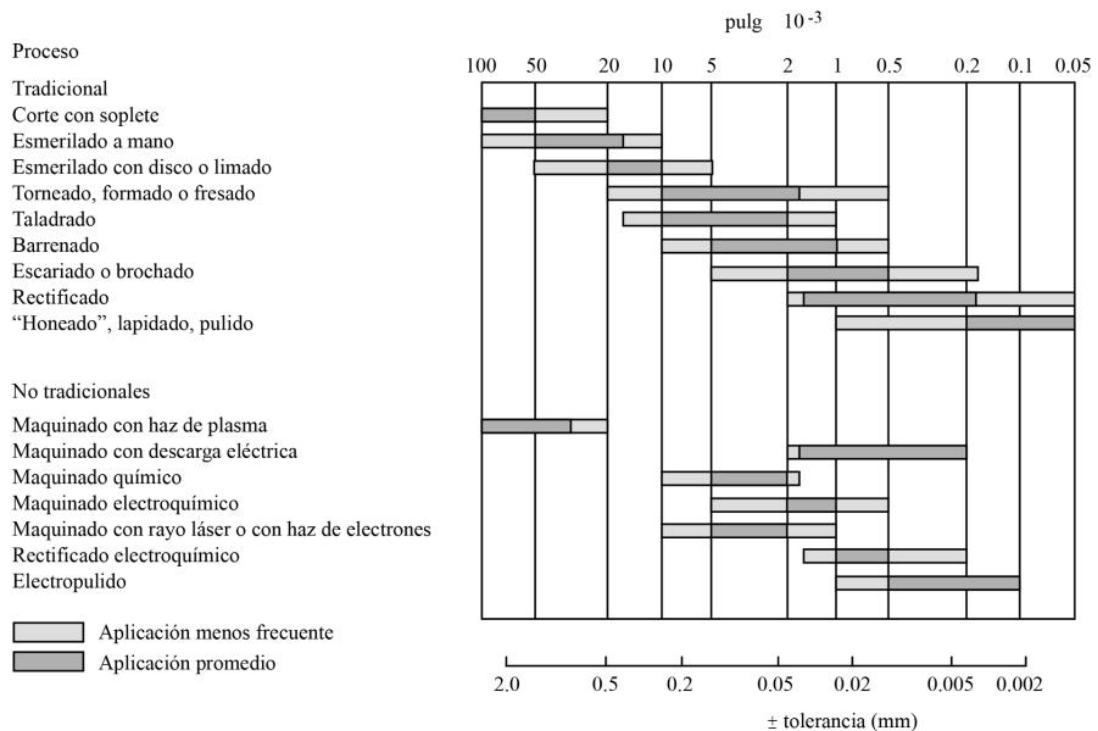
Figura No. 22 Tolerancias dimensionales en función del tamaño de la parte para diversos procesos de manufactura



Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación.

En la anterior grafica se compara el tamaño de la parte con la tolerancia permisible, se puede observar que debido a los muchos factores comprendidos, existe un amplio intervalo para las tolerancias.

Figura No. 23 Posibilidades de tolerancias dimensionales de diversos procesos de manufactura



Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.

En esta figura se mencionan algunos procesos de manufactura, con la tolerancia (mm) promedio comúnmente utilizada.

Teniendo en cuenta bases de datos de diferentes autores, se proponen tolerancias promedio para cada tipo de proceso, para elegir la tolerancia se le da prioridad a las bases de datos más reciente, ejemplo, el proceso de torneado puede tener una tolerancia que va desde 0.1mm hasta 1 mm, así como se observa en la tabla 12:

Tabla No. 12 Rangos de tolerancia de los procesos de mecanizado

Proceso	Rango de tolerancia propuesto (mm)
Torneado	0.1 – 1
Taladrado	0.02 – 0.1
Fresado	0.13 – 0.25
Cepillado	0.05 – 0.13
Rectificado	0.002 – 0.005
Brochado	0.025 – 0.15
Aserrado	0.25 – 1.25

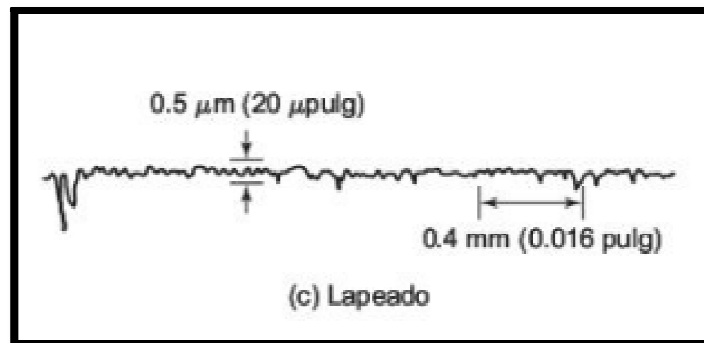
Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.

3.6 Rugosidad

La rugosidad superficial es una propiedad de todas las superficies y se define como las desviaciones cercanas e irregulares en pequeña escala espaciadas estrechamente. La rugosidad se expresa en términos de su peso, anchura y distancia a lo largo de la superficie.

La rugosidad es más comúnmente conocida como la altura de la depresión más profunda hasta la cresta más elevada e indica la cantidad de material que tiene que retirarse para obtener una superficie lisa. La unidad de medida es en micras (μm) ó en (μin). A continuación se puede observar un ejemplo de rugosidad:

Figura No. 24 Rugosidad en el proceso de Lapeado



Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.

Así, la rugosidad obtenida de cada proceso son las siguientes:

Tabla No. 13 Rango de rugosidad de los procesos de mecanizado

Proceso	Rango de rugosidad propuesto (μm)	Clase de rugosidad
Torneado	0.8 – 6.3	N6 – N9
Taladrado	3.2 – 6.3	N8 – N9
Fresado	1.6 – 6.3	N7 – N9
Cepillado	3.2 – 12.5	N8 – N10
Rectificado	0.20 – 1.6	N1 – N7
Brochado	1.6 – 3.2	N7 – N8
Aserrado	3.2 – 25	N8 – N11

Fuente: Basado en Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.

3.7 Tamaño

El tamaño de la pieza a mecanizar también es una de las variables fundamentales a la hora de decidir el proceso indicado, puesto no es lo mismo producir una pieza de grandes proporciones a una más pequeña y fácil de manejar, esto influye en la decisión puesto se puede caer en el error de mecanizar una pieza de pequeñas dimensiones por un proceso que tiene capacidad para piezas grandes como lo es el cepillado y desperdiciar energía de la maquina lo que haría que los costos aumentaran significativamente.

El tamaño de maquinar una pieza cada proceso se define de forma diferente, puesto que esto depende de la herramienta de corte que cada uno utiliza. La capacidad de maquinado se define de la siguiente manera:

Torneado: en este proceso se utilizan tornos, ya sean de tipo mecánico, copiador o revolver, el tamaño de estos se determina por la longitud de la bancada, la distancia entre puntos (distancia máxima entre el cabezal y el contrapunto) y su volteo: el volteo es el diámetro máximo de la pieza de trabajo que se puede maquinar. En este caso se utilizara el volteo para determinar el valor mínimo y máximo de la pieza a maquinar en un proceso de torneado. Teniendo en cuenta información de las capacidades del proceso que se observan en la tabla 14 y tabla 15:

Tabla No. 14 Capacidades generales de las operaciones de taladrado y mandrinado

Tipo de herramienta de corte	Intervalo de diámetros (mm)	Profundidad/Diámetro del orificio	
		Típico	Máximo
Helicoidal	0.5–150	8	50
Paleta	25–150	30	100
Cañones	2–50	100	300
Trepanado	40–250	10	100
Mandrinado	3–1200	5	8

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición

Taladrado: de la remoción de material de este proceso se encargan las máquinas taladradoras, y su herramienta de corte son las brocas, en este caso se puede identificar la capacidad del proceso teniendo en cuenta la máquina, así como se puede observar en la tabla 15:

Tabla No. 15 Capacidades típicas y máximas dimensiones de piezas de trabajo para maquinas herramientas

Capacidades típicas y máximas dimensiones de piezas de trabajo para máquinas herramienta			
Máquina herramienta	Dimensión máxima (m)	Potencia (kW)	Máximas rpm
Tomos (diámetro máximo admisible/longitud)			
De banco	0.3/1	<1	3000
Mecánico	3/5	70	4000
Torreta o revólver	0.5/1.5	60	3000
Tornillo automático	0.1/0.3	20	10,000
Máquinas de mandrinado (diámetro de trabajo/longitud)			
Husillo vertical	4/3	200	300
Husillo horizontal	1.5/2	70	1000
Taladradoras			
Banco y columna (diámetro de broca)	0.1	10	12,000
Radial (distancia de columna a husillo)	3	—	—
Control numérico (avance de la mesa)	4	—	—

Nota: Existen capacidades mayores para aplicaciones especiales.

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición

Fresado: en este proceso se maquina la pieza poniéndola en contacto con una herramienta cortante giratoria, este proceso es muy versátil porque se puede maquinar piezas en las tres dimensiones X, Y y Z, para definir un tamaño aproximado de la piezas se tendrá en cuenta las dimensiones del área de corte para diferentes tipo de fresadoras. Esta información se obtendrá de los catálogos en líneas de diferentes distribuidores de máquinas fresadoras, como se observa en la figura 25.

Figura No. 25 Capacidad de fresadora

The infographic features a blue header with the text 'Fresadoras CAM st'. Below the header, the model numbers OMSFST1212, OMSFST1325, and OMSFST2030 are listed. A table below provides the cutting area dimensions for each model.

DIMENSIONES DEL ÁREA DE CORTE	
OMSFST1212	1200x1200x120 mm
OMSFST1325	1300x2500x120 mm
OMSFST2030	2000x3000x120 mm

Fuente: Catalogo en línea. Renor. <http://www.youblisher.com/p/235409-Catalogo-fresadoras/>

Cepillado: la herramienta cortante, el cepillo, mantienen en posición fija mientras la pieza es movida hacia adelante y hacia atrás por debajo de ella. Existen dos principales máquinas cepilladoras: Cepillo de mesa móvil y Cepillo de mesa fija

(Kalpakjian & Schmid, 2008) En el cepillo de mesa móvil se realizan piezas grandes de hasta 25 m x 15 m, en el cepillado de mesa fija las piezas son más pequeñas puesto que la que se desplaza es la herramienta y no la pieza de trabajo, por lo general son de menos de 1 m x 2 m.

Rectificado: mediante este proceso se le da forma a una pieza poniéndola en contacto con una rueda abrasiva rotatoria, para delimitar los tamaños de la pieza se tendrá en cuenta la información consignada en la tabla 16.

Tabla No. 16 Características generales de los procesos y maquinas para el maquinado abrasivo

Características generales de los procesos y máquinas para el maquinado abrasivo		
Proceso	Características	Dimensiones máximas características, longitud y diámetro (m)*
De superficies planas	Superficies planas en la mayoría de los materiales; la capacidad de producción depende del tamaño de la mesa y el nivel de automatización; la calificación de la mano de obra depende de la complejidad de la parte; la capacidad de producción es alta en máquinas de mesa rotatoria de husillo vertical.	Mesa alternativa $L: 6$ Mesa rotatoria $D: 3$
Cilíndrico	Piezas de trabajo redondas con diámetros escalonados; baja capacidad de producción, a menos que se automatice; calificación media a baja de la mano de obra.	Pieza de trabajo $D: 0.8$, rectificadoras de rodillos $D: 1.8$, rectificadoras universales $D: 2.5$
Sin centros	Piezas de trabajo redondas y esbeltas; alta capacidad de producción; calificación media a baja de la mano de obra.	Pieza de trabajo $D: 0.8$
Interiores	Orificios en la pieza de trabajo; baja capacidad de producción; calificación media a baja de la mano de obra.	Orificio $D: 2$
Honeado	Orificios en la pieza de trabajo; baja capacidad de producción; calificación baja de la mano de obra.	Husillo $D: 1.2$
Lapeado	Plano, cilíndrico o curvado; alta capacidad de producción, calificación baja de la mano de obra.	Mesa $D: 3.7$
Maquinado ultrasónico	Orificios y cavidades con diversas formas; adecuado para materiales duros y frágiles; calificación media de la mano de obra.	—

*Existen capacidades grandes para aplicaciones especiales.

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición

Brochado: esta operación consiste en hacer pasar la brocha por un orificio cilíndrico ó por la superficie exterior de la pieza. (Kalpakjian & Schmid, 2008) Existen muchos estilos de máquinas de brochado y, en cuanto a tamaños, van desde maquinas para fabricar partes en formas de aguja hasta las utilizadas para fabricar cañones de armas, lo que deja un gran margen en el valor del tamaño de la pieza a maquinar.

Cada proceso utiliza una herramienta de corte diferente, lo que hace que las medidas de las piezas a mecanizar sean diferentes, algunas en diámetros, otras en longitud o en diámetros/longitud ó solo en diámetros como en el caso de taladrado; con el fin de estandarizar la unidad de medida del tamaño, se utilizara para todos la longitud máxima y minina de la pieza, para eso se tendrán en cuenta los valores mencionados anteriormente y el conocimiento del autor.

Para mayor facilidad al momento de desarrollar el aplicativo, teniendo en cuenta el valor mínimo y máximo de medida de cada proceso se establecerá un valor promedio para cada uno, ejemplo: en el caso torneado el valor mínimo es de 0.3m y máximo de 1m, promediando da un valor de 0.6 m.

La segunda cifra decimal de aproxima, en el proceso de taladrado se tiene un valor de 2.02 m, si la segunda cifra decimal es mayor que 6 se aproximará a la siguiente unidad, si es menor se dejará la unidad tal cual está, para este caso como la segunda cifra decimal es 2, el valor promedio queda en (± 2) m.

Tabla No. 17 Rango de tamaños de los procesos de mecanizado

Proceso	Rangos de medida aproximada	Valor promedio
Torneado	0.02 – 1 m	0.51 ~1.0 m
	0.3 – 1 m	0.65 m ~0.6 m
Taladrado	0.1 – 4 m	2.02 ~2.0 m
Fresado	0.02 – 1 m	0.51 ~0.5 m
Cepillado	1 – 15 m	8.0 ~8.0 m
Rectificado	1 – 2 m	1.5 ~1.0 m
Brochado	2 – 15 m	8.5 ~8.0 m
Aserrado	1 -2 m	1.5 ~1.0 m

Fuente: Basado en Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.; Feirer, J. L. (2000). *Maquinado de metales con maquinas herramientas*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.; Catalogo en línea. Renor. <http://www.youblisher.com/p/235409-Catalogo-fresadoras/>; Propiedad del autor.

El material que se mecanizara es la primera variable que se delimita al momento de utilizar el software, una vez obtenido el dato del material internamente el programa

seleccionara el material de la herramienta de corte que podría ser utilizado, esta es considerada una variable intermedia puesto que no se delimita al comienzo del programa como la forma, tolerancia, rugosidad y tamaño; pero es necesaria encontrar el proceso de mecanizado más viable.

3.8 Material herramienta

Un aspecto importante al momento de seleccionar un proceso de mecanizado es la herramienta de corte que se va a utilizar, puesto que esta estará sometida a altas temperaturas, esfuerzos de contacto y el deslizamiento entre la herramienta y la viruta generada. También es importante tener en cuenta el tipo de herramienta utilizado, puesto que cada material a mecanizar tiene propiedades diferentes.

La **dureza** es una propiedad la cual indica la resistencia que tiene un material al rayado y al desgaste, existen diferentes escalas para medir la dureza: dureza Brinell (HB), dureza Rockwell (HRC, HRA, HRB), dureza Vickers (HV), escleroscopio y escala Mohs.

Cada herramienta de corte tiene una dureza específica, para que se mantengan la dureza y resistencia al desgaste de la herramienta a las temperaturas habituales en las operaciones de maquinado. Estas características hacen que la herramienta no sufra deformación plástica y conserve su forma y filo.

(Kalpakjian & Schmid, 2008) Los principales materiales para herramientas son: aceros al carbono para herramientas, aceros de alta velocidad, aleaciones fundidas, carburos, cerámicos y diamante.

Tabla No. 18 Material de la herramienta

Proceso	Material de herramienta	Material de la pieza
Torneado	Acero de alta velocidad, Aleaciones fundidas, Carburos, Cerámicos, Diamante	Aleaciones de aluminio, de magnesio, de cobre, acero inoxidable, aceros aleados, hierro fundido, acero al carbono
Taladrado	Acero al carbono, Acero de alta velocidad, Carburos	Acero inoxidable, hierro fundido, aleaciones de cobre, magnesio y aluminio
Fresado	Acero alta velocidad, Carburos, Cerámicos, Diamante	Acero aleado, acero inoxidable, acero al carbono, hierro fundido, aleaciones de cobre y aluminio
Cepillado	Acero alta velocidad, Carburos	Acero inoxidable, hierro fundido, aleaciones de aluminio y magnesio, cobre
Rectificado	Carburo (especialmente de sicilio), Oxido de aluminio, Nitruro de boro cúbico	Acero aleados, Acero inoxidable, Hierro fundido, acero al carbono
Brochado	Acero de alta velocidad, Carburos	Aceros aleados, aleaciones de magnesio y aluminio
Aserrado	Acero de alta velocidad, Carburos	Aceros aleados, aceros al carbono, aleaciones de cobre, cobre

Fuente: Basado en Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.; Feirer, J. L. (2000). *Maquinado de metales con maquinas herramientas*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.; Propiedad del autor.

Las principales características de estos materiales para herramienta son:

Acero al carbono: es el material más antiguo utilizado en las herramientas, los aceros de baja y media aleación tienen una vida más larga. Estos materiales se

caracterizan por ser poco costosos, se afilan con gran facilidad, pero no tienen la dureza suficiente en caliente por lo tanto no tienen una alta resistencia al desgaste para cortar a altas velocidades.

Aceros de alta velocidad: son derivados del acero al carbono, se desarrollaron para corte a mayores velocidades. Estos aceros se caracterizan por tener una alta aleación, pueden ser al molibdeno y/o al tungsteno, tienen una alta resistencia al desgaste y de bajo costo, se utilizan principalmente en máquinas herramientas con baja rigidez, sometidos a vibración y traqueo. Su mayor limitación es que debe ser utilizado en aplicaciones de velocidad de corte bajas por su baja resistencia en caliente.

Aleaciones fundidas: las aleaciones de cobalto fundidas tienen composición de cobalto, cromo y tungsteno, debido a su gran velocidad tienen buena resistencia al desgaste y puede mantener su dureza a altas temperaturas. A diferencia de los aceros de alta velocidad no son tan tenaces y son sensibles a la fuerza de impacto.

Carburos: existen dos grupos principales de carburos utilizados en el maquinado; carburo de tungsteno y el carburo de titanio, también son llamados carburos no recubiertos. Estos carburos tienen una elevada dureza en un amplio rango de temperatura, un alto módulo elástico y alta conductividad térmica lo que los convierte en los materiales más versátiles y de buen costo para una amplia gama de aplicaciones.

Cerámicos: estos materiales se constituyen especialmente de óxido de aluminio de alta pureza, la adición de carburo de titanio y óxido de zirconio mejora las propiedades como la tenacidad y la resistencia al impacto térmico. Las herramientas de corte de material cerámico con base de alúmina tienen una resistencia bastante elevada a la abrasión y alta dureza en caliente, estos materiales no se adhieren tanto a los materiales durante el corte y a formar bordes acumulados.

Diamante: es el material más duro que se conoce, como herramienta de corte tiene propiedades como; baja fricción, alta resistencia al desgaste y la capacidad de

mantener su filo de corte. Se utiliza principalmente cuando se desea obtener un buen acabado superficial y precisión dimensional. También es utilizado como abrasivo en operaciones de rectificado y pulido.

Nitruro de boro cúbico: se produce de la unión de Nitruro de boro cubico policristalino y sustrato de carburo, tiene una resistencia elevada a la oxidación, es ideal para cortar materiales ferrosos y aleaciones de alta temperatura, también es utilizado como abrasivo.

Oxido de aluminio: son materiales cerámicos con base de alúmina, tienen una resistencia muy elevada a la abrasión y alta dureza en caliente. Son más estables que los aceros de alta velocidad y los carburos, esto hace que se adhieran menos a los metales durante el corte.

3.9 Parámetros de salida

Los parámetros de salida hacen parte de la fase 4, el fin de estas variables es el de dar información adicional a cada proceso que ayude a que el usuario haga una efectiva selección del proceso, las variables que se delimitaran en este capítulo son: velocidad de corte, acabado superficial, costo y cantidad.

FASE 4

Parámetros de salida

Parámetros de salida
Luego de evaluar las variables fundamentales se darán los parámetros que se deben tener en cuenta en el proceso, estas son:

- Velocidad de corte
- Acabado superficial
- Costo
- Cantidad

Fuente: Propiedad del autor

3.9.1 Velocidad de corte

La velocidad de corte también es entendida como la Rapidez de remoción de material, su definición puede variar según el proceso, ejemplo; en el caso del torneado, se puede entender la velocidad de corte como la distancia (en pies o en metros) que una pieza de trabajo se mueve en un minutos pasando una punta cortante, por el contrario, en el proceso de fresado la velocidad de corte se define como la distancia que recorre un diente del cortador en un minuto.

La velocidad de corte es una variable que tiene una relación directa con factores como la clase de material que se maquina y la del material de la herramienta de corte, puesto que al aumentar la velocidad de corte la vida útil de la herramienta se reduce con rapidez, por el contrario, si las velocidades son bajas, la herramienta dura un poco más, pero disminuye la rapidez con la que se remueve el material.

Tabla No. 19 Recomendaciones generales de velocidades y avances en taladrado

Material de la pieza de trabajo	Recomendaciones generales de velocidades y avances en taladrado					
	Velocidad superficial		Diámetro de la broca			
	m/min	pies/min	Avance, mm/rev (pulgadas/rev)		rpm	
			1.5 mm (0.060 pulgada)	12.5 mm (0.5 pulgada)	1.5 mm	12.5 mm
Aleaciones de aluminio	30-120	100-400	0.025 (0.001)	0.30 (0.012)	6400-25,000	800-3000
Aleaciones de magnesio	45-120	150-400	0.025 (0.001)	0.30 (0.012)	9600-25,000	1100-3000
Aleaciones de cobre	15-60	50-200	0.025 (0.001)	0.25 (0.010)	3200-12,000	400-1500
Aceros	20-30	60-100	0.025 (0.001)	0.30 (0.012)	4300-6400	500-800
Aceros inoxidables	10-20	40-60	0.025 (0.001)	0.18 (0.007)	2100-4300	250-500
Aleaciones de titanio	6-20	20-60	0.010 (0.0004)	0.15 (0.006)	1300-4300	150-500
Hierros fundidos	20-60	60-200	0.025 (0.001)	0.30 (0.012)	4300-12,000	500-1500
Termoplásticos	30-60	100-200	0.025 (0.001)	0.13 (0.005)	6400-12,000	800-1500
Termofijos	20-60	60-200	0.025 (0.001)	0.10 (0.004)	4300-12,000	500-1500

Nota: Conforme aumenta la profundidad del orificio, se deben reducir las velocidades y avances. La selección de velocidades y avances también depende del acabado superficial específico requerido.

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición

El fin de este parámetro de salida es dar un valor de velocidad de corte aproximada de cada proceso, puesto que esta puede variar dependiendo de qué tipo de máquina se utilice para la remoción de material, ejemplo, una pieza se puede maquinar mediante torneado, pero existen diferentes clases de torno; como lo son el mecánico, copiador o revolver, por esto para mayor exactitud se dará un valor recomendado para cada uno de los materiales que maquinar el proceso, teniendo en cuenta los valores encontrados en la literatura.

Tabla No. 20 Intervalos característicos de velocidades y avances para procesos abrasivos

Variable del proceso	Intervalos característicos de velocidades y avances para procesos abrasivos			
	Rectificado, convencional	Rectificado, avance lento	Pulido	Abrillantado
Velocidad de disco (m/min)	1500-3000	1500-3000	1500-2400	1800-3500
Velocidad de trabajo (m/min)	10-60	0.1-1	—	—
Avance (mm/pase)	0.01-0.05	1-6	—	—

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición

Tabla No. 21 Velocidades recomendadas para los procesos de mecanizado

Proceso	Material a mecanizar	Velocidad Superficial	
		m/min	pies/min
Torneado	Aleaciones de aluminio	550 - 490	180 – 1607
	Aleaciones de cobre	90 - 520	295 – 1706
	Acero inoxidable	85 - 215	278 – 705
	Acero aleado	30 - 260	98 – 853
	Hierro fundido	90 - 490	295 – 1607
	Acero al carbono	75 - 440	246 – 1443
Taladrado	Acero inoxidable	10 - 20	40 – 60
	Hierro fundido	20 - 60	60 – 200
	Aleaciones de cobre	15 - 60	50 – 200
	aleaciones de magnesio	45 - 120	150 – 400
	Aleaciones de aluminio	30 - 120	100 – 400
Fresado	Acero aleado	90 - 210	300 – 700
	Acero inoxidable	120 - 370	400 – 1200
	Acero al carbono	120 - 180	400 – 600
	Hierro fundido	120 - 760	400 – 2500
	Aleaciones de cobre	300 - 760	1000 – 2500
	Aleaciones de aluminio	610 - 900	20000 – 30000
Cepillado	Acero inoxidable	3 - 6	10 – 20
	Hierro fundido	3 - 6	10 – 20
	Aleaciones de aluminio	90	300
	aleaciones de magnesio	90	300
Rectificado	Convencional	20 - 30	4000 – 6000
	Alta velocidad	hasta 150	30000
Brochado	Aceros aleados	15	49
	Aleaciones de aluminio	15	49
	aleaciones de magnesio	15	49
Aserrado	Aceros aleados	30 - 60	98 – 196
	Aceros al carbono	120 -180	393 – 590
	Aleaciones de bronce	70 - 274	200 – 900
	Cobre	457	1500
	Aserrado por fricción	7600	25000

Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación. Cuarta Edición; Feirer, J. L. (2000). *Maquinado de metales con máquinas herramientas*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.

3.9.2 Acabado superficial

El espesor, tamaño y complejidad de forma de la pieza a manufacturar tiene gran impacto sobre el proceso de manufactura seleccionado para su producción. Algunas piezas que son producidas en operaciones de trabajo en frío son poseen las mismas características que las trabajadas en altas temperaturas.

La combinación de precisión dimensional, es decir el valor de la tolerancia y rugosidad, hacen que se obtenga un buen o mal acabado superficial. Después de haber definido los rangos de tolerancia y rugosidad para los procesos de mecanizado por arranque de viruta, se puede observar que cuanto más pequeña sea la tolerancia dimensional requerida, el costo de manufactura será mayor puesto la pieza necesita operaciones como el rectificado o el pulido, lo que hace que el tiempo de maquinado aumente, lo mismo sucede con la rugosidad; estos factores hace que el acabado superficial dependa mucho del costo y del tiempo de maquinado.

En la actualidad la rugosidad está estandarizada, existen doce clases diferentes las cuales son:

Tabla No. 22 Rangos de acabado superficial

Clase de rugosidad (μm)	Características
N1 (0.025)	Es el acabado más fino, comúnmente se conoce como acabado espejo puesto con esta rugosidad se obtienen piezas como los espejos
N2 (0.05)	Es un acabado de alta calidad, es comúnmente utilizado cuando el acabado es indispensable para el funcionamiento de la pieza
N3 (0.1)	Se obtienen herramientas de precisión, entre los cuales se encuentran; cojinetes superacabados y acoplamientos estancos de alta precisión
N4 (0.02)	Es obtenidas en operaciones de superacabado como soportes de cigüeñales y árboles de levas

N5 (0.04)	Acabado de alta calidad, es empleado cuando la pieza necesita un alto acabado para su funcionamiento, como ejes que giran a gran velocidad
N6 (0.8)	Acabado superior de mecanizado, es utilizado en piezas en las que existan altas concentraciones de esfuerzos o vibraciones
N7 (1.6)	Acabado de buena calidad, comúnmente es empleado en piezas en contacto con tolerancias estrechas como las superficies interiores de cilindros sometidos a vibraciones
N8 (3.2)	Es considerado el valor medio de mecanizado, es difícil de conseguir en piezas de acero distintas de las planas y cilíndricas, es recomendada para aplicaciones que estén sometidas a esfuerzos de fatiga, vibraciones moderadas o grandes esfuerzos.
N9 (6.3)	Acabado normal de mecanizado para piezas de acero y titanio, es poco costoso obtener este tipo de acabado
N10 (12.5)	Terminación muy basta, es el resultado de los cortes de desbaste o en superficies exteriores de piezas forjadas o extruidas.
N11 (25)	Una calidad de muy basta de 25 μm , utilizada en aplicaciones especiales
N12 (50)	Terminación muy basta de 50 μm , utilizada en aplicaciones especiales

Fuente: Perez Alvarez, J., & Perez Benedito, J.L., & Poveda Martinez, S. Expresion grafica en el Ingenieria. Madrid: Universidad Politécnica.

3.9.3 Costo

El maquinado implica tener en cuenta algunas variables del material y parámetros de proceso, la correcta elección de estos parámetros son importantes para la productividad de las operaciones de maquinado, una de estas variables o parámetros a consideración son los costos incurridos en máquinas herramientas, mano de obra, tiempo de preparación de la máquina, manejo y movimiento de materiales y tiempos en el corte de material.

Como se dijo anteriormente para determinar el costo de maquinado por un método de manufactura es necesario tener en cuenta muchas variables, como costo de materiales, de herramientas, fijos, variables, de mano de obra directa y de mano de obra indirecta. Cada empresa manufacturera utiliza diferentes métodos para contabilizar los costos dependiendo del tipo de piezas que producen, la maquinaria que utiliza y la calidad de mano de obra con que cuenta, dado que el costo se estableció como una variable de salida cuyo fin es de servir de guía para seleccionar el proceso de mecanizado ideal, el costo de cada proceso se dará como un valor estimado teniendo en cuenta los costos relativos de maquinaria y equipo dados por (Kalpakjian & Schmid, 2008) en la tabla 24.

Los costos propuestos para cada proceso son:

Tabla No. 23 Costos del proceso de mecanizado

Proceso	Costo
Torneado	Bajo a medio
Taladrado	Bajo a medio
Fresado	Bajo a medio
Cepillado	Medio a alto
Rectificado	Bajo a alto
Brochado	Medio a alto
Aserrado	Medio a alto

Fuente: Perez Alvarez, J., & Perez Benedito, J.L., & Poveda Martinez, S. Expresion grafica en el Ingenieria. Madrid: Universidad Politécnica.

Tabla No. 24 Costos relativos para maquinaria y equipo

Costos relativos para maquinaria y equipo (los costos varían mucho, dependiendo del tamaño, capacidad, opciones y nivel de automatización y de control por computadora. Ver también las secciones de economía en diferentes capítulos).	
Brochadora	M-A
Cabeceadoras	B-M
Celda y sistema de manufactura flexible	A-MA
Centro de maquinado	B-M
Embutido profundo	M-A
Estampado	B-M
Estereolitografía	B-M
Extrusora de polímeros	B-M
Forjado	M-A
Formado con hule	B-M
Formado por estiramiento	M-A
Formado por rodillos	B-M
Fresado	B-M
Fresadora mandrinadora horizontal	M-A
Fundición a presión	M-A
Fundición de arena	B-M
Generación de engranes	B-A
Honeado, lapeado	B-M
Laminado de anillos	M-A
Líneas de transferencia	A-MA
Máquina automática de tornillos	M-A
Maquinado por descarga eléctrica	B-M
Metalurgia de polvos	B-M
Metalurgia de polvos, HIP	M-A
Modelado por deposición por fusión	B
Moldeo por inyección	M-A
Moldeo por inyección de polvos	M-A
Prensa de extrusión	M-A
Prensa mecánica	B-M
Rechazado	B-M
Rectificado	B-A
Robots	B-M
Soldadura por arco de tungsteno y gas	B
Soldadura por haz de electrones	M-A
Soldadura por rayo láser	M-A
Soldadura por resistencia por puntos	B-M
Soldadura ultrasónica	B-M
Taladradora	B-M
Tornos	B-M

Nota: B: Bajo; M: Medio; A: Alto; MA: Muy alto

Fuente: Perez Alvarez, J., & Perez Benedito, J.L., & Poveda Martinez, S. Expresion grafica en el Ingenieria. Madrid: Universidad Politécnica.

3.9.4 Cantidad

Para seleccionar un método de producción un factor importante a tener en cuenta es la tasa de producción, esta se define como la cantidad de piezas que se deben producir por unidad de tiempo (por minuto, por hora, por mes, por año, etc.). También es muy importante el volumen o cantidad de producción (tamaño de lote), esta puede variar mucho dependiendo el tipo de producto. Por ejemplo productos como tornillos, arandelas, bujías, rodamientos y bolígrafos se producen en cantidades muy grandes. Por otro lado, los motores de propulsión a chorro para los aviones comerciales, los motores diesel para locomotoras y las hélices para barcos se fabrican en cantidades limitadas.

Definir una cantidad exacta para cada proceso es una tarea difícil puesto que influye el estado de la máquina y la habilidad de las personas que operan las mismas, aun así, teniendo en cuenta las características de cada proceso, se han establecido valores relativos de la cantidad de producción de cada uno

Tabla No. 25 Velocidades normales de producción para diversas operaciones de maquinado

Velocidades normales de producción para diversas operaciones de maquinado	
Operación	Velocidad
Torneado	
Torno mecánico	Muy baja a baja
Torno copiador (trazador)	Baja a media
Torno de torreta (revólver)	Baja a media
Torno controlado por computadora	Baja a media
Mandriles con un solo husillo	Media a alta
Mandriles con múltiples husillos	Alta a muy alta
Mandrinado	
Taladrado	Muy baja
Fresado	Baja a media
Planeado	Baja a media
Corte de engranes	Muy baja
Brochado	Baja a media
Aserrado	Media a alta
	Muy baja a baja

Nota: Las capacidades de producción indicadas son relativas. *Muy baja* es alrededor de una o más partes por hora; *media* es alrededor de 100 partes por hora, y *muy alta* es 1000 o más partes por hora.

Fuente: Perez Alvarez, J., & Perez Benedito, J.L., & Poveda Martinez, S. Expresion grafica en el Ingenieria. Madrid: Universidad Politécnica.

Como se observa en la tabla No. 25, se establece la cantidad de producción para cada proceso, teniendo en cuenta esta información y las características propias de cada proceso, se proponen las siguientes cantidades:

Tabla No. 26 Cantidades de los proceso de mecanizado

Proceso	Cantidad (Partes por minutos)
Torneado	1 – 100
Taladrado	1 – 100
Fresado	1 – 100
Cepillado	1 – 10
Rectificado	1 – 100
Brochado	100 – 1000
Aserrado	1 – 10

Fuente: Perez Alvarez, J., & Perez Benedito, J.L., & Poveda Martinez, S. Expresion grafica en el Ingenieria. Madrid: Universidad Politécnica.

(Kalpakjian & Schmid, 2008), los valores dados son relativos, puesto pueden haber variaciones significativas en aplicaciones particulares, por ejemplo, los rodillos de alto carbono de acero fundido sometidos a tratamientos térmicos se pueden maquinar en tornos especiales, que llegan a velocidades de remoción de material más altas de lo común, estas llegan a $6000 \text{ cm}^3/\text{min}$.

4 GENERACIÓN DE CARTAS

El fin de este proyecto es proponer una metodología para la selección de procesos, que pueda tener en cuenta diferentes variables al momento de realizar la selección de un proceso, y que sea inclusivo, es decir, que tenga la posibilidad de incluir más factores y teniendo la posibilidad de ampliar el alcance, por lo anterior se propone una metodología para la selección de procesos de mecanizado basado en la utilización de cartas y bases de datos similar a la metodología utilizada por (Ashby M. F., 2009), para la selección de materiales.

La metodología del uso de cartas da una visión más global de los tipos de materiales utilizados en ingeniería puesto se puede disminuir tiempo, relacionando diferentes variables, esto se logra trazando graficas de propiedades de los materiales.

El uso de los mapas de Ashby para la selección de los materiales sigue una filosofía de diseño de cuatro pasos. (Shackelford, 2005):

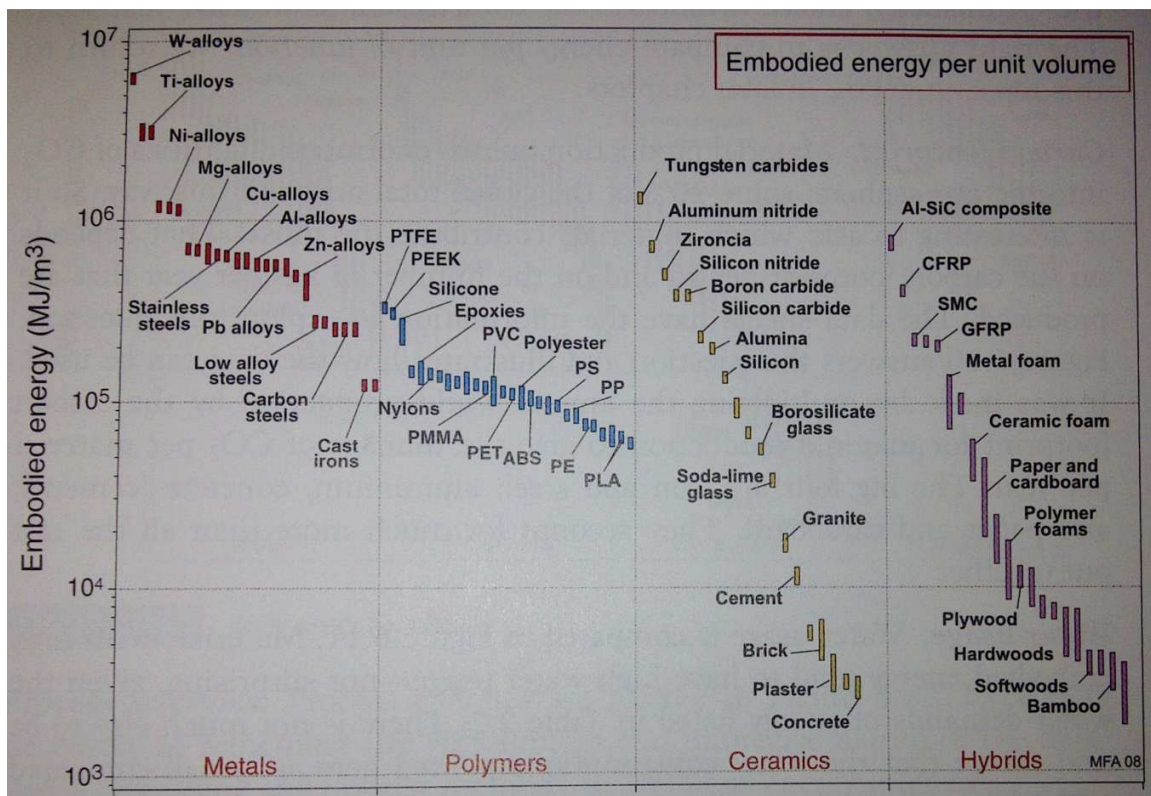
1. Expresar los requisitos del diseño como una especificación del material.
2. Eliminar los materiales que no satisfacen las especificaciones.
3. Ordenar los materiales candidatos por su capacidad para resolver los objetivos (usando parámetros apropiados).
4. Buscar información adicional para los candidatos prometedores.

Se pueden identificar dos tipos diferentes de cartas:

- Gráfica de barras: es una gráfica donde se muestra el valor de rango que puede tener un material teniendo en cuenta una propiedad. En la Figura 26., se muestra un ejemplo: es una gráfica de barras de la energía de los materiales contenidos por unidad de masa, la propiedad mecánica que se evalúa aquí es la masa. La longitud de cada barra muestra el rango de la

propiedad para cada tipo de material, en muchas ocasiones puede existir una diferencia de 1000 veces entre el material con menor rango y el material con el mayor rango, por esto las escalas no son lineales, son logarítmicas.

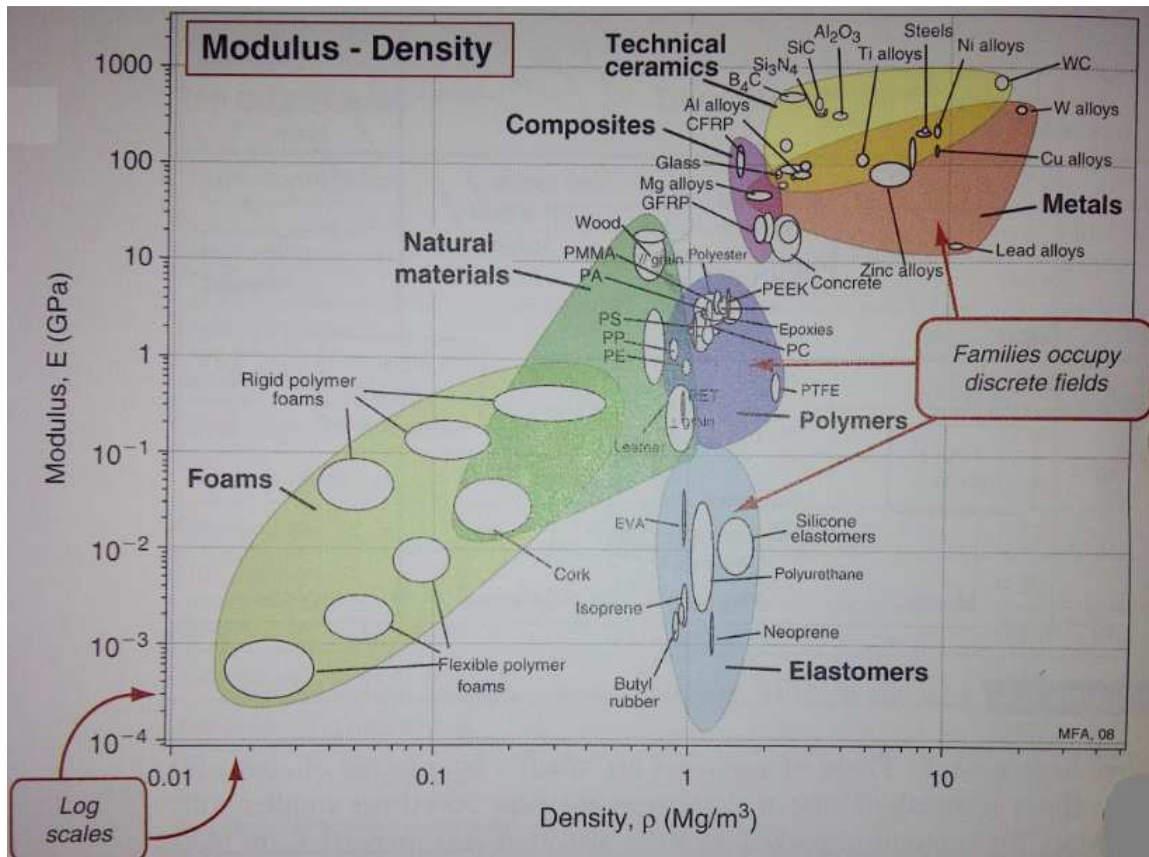
Figura No. 26 Gráfico de barras de la energía contenida de los materiales por unidad de volumen



Fuente: Ashby, Michael F. , Materials and the environment : eco-informed material choice / Michael F. Ashby. Ámsterdam : Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2009. xi: 385 p. : il. col. [ISBN 978-1-85617-608-8] (#000080050)

- Gráfica de burbujas: con el fin de obtener más información, en esta grafica se comparan dos, en este tipo de grafica se pueden observar más claramente las familias de materiales puesto se puede incluir mas información de cada material, las escalas que se manejan al igual que las gráficas de barras son logarítmicas, en la Figura 27., se puede ver una gráfica del Módulo de elasticidad (E) y la Densidad:

Figura No. 27 Gráfico de burbujas de módulo de elasticidad y densidad



Fuente: Ashby, Michael F. , Materials and the environment : eco-informed material choice / Michael F. Ashby. Ámsterdam : Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2009. xi: 385 p. : il. col. [ISBN 978-1-85617-608-8] (#000080050)

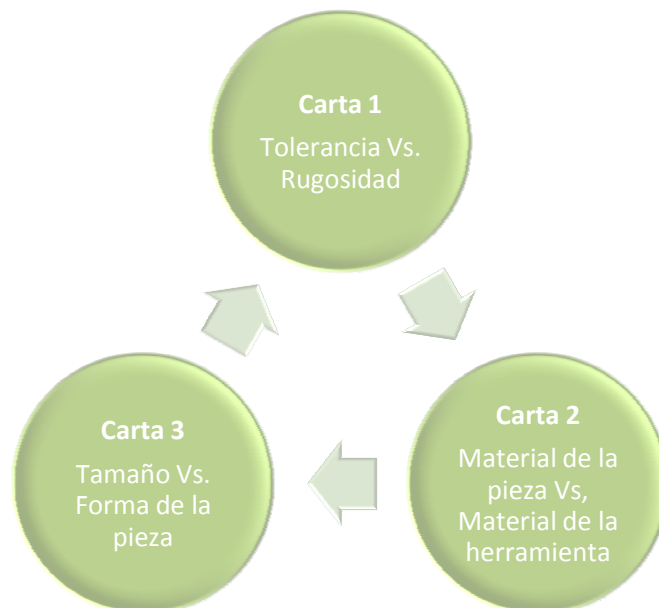
Como se puede observar, los materiales cerámicos se encuentran en la franja amarilla de la parte superior, tienen un módulo de casi de 1000 Gpa y tiene una alta densidad, lo que significa que son pesados, los metales se encuentran en la zona roja cerca de la parte superior derecha, y al igual que los cerámicos son de gran peso.

Las cartas es un instrumento que presenta la información de una manera clara, da una visión general de las propiedades físicas, mecánicas y funcionales de los materiales, ayuda a la óptima selección de los materiales cumpliendo con los requerimientos de diseño y al comparar las características de los materiales

existentes se pueden observar las falencias surgiendo así nuevas aplicaciones., por eso se utilizaran cartas comparando las variables fundamentales que se delimitaron anteriormente.

Para el desarrollo del aplicativo propuesto, se deben construir las relaciones entre las variables de la pieza que se desea manufacturar y los procesos de mecanizado, para realizar estas relaciones se utilizará un modelo similar al de las cartas de Ashby, las variables que se dieron a delimitar al usuario son: material y forma de la pieza, tolerancia, rugosidad, tamaño y material de la herramienta, estas variables se agruparon en grupos de dos, dependiendo de la afinidad de las mismas, esto da como resultado tres grupos organizados de la siguiente manera: material de la pieza con material de la herramienta, tolerancia con rugosidad, y, tamaño de la pieza con la forma.

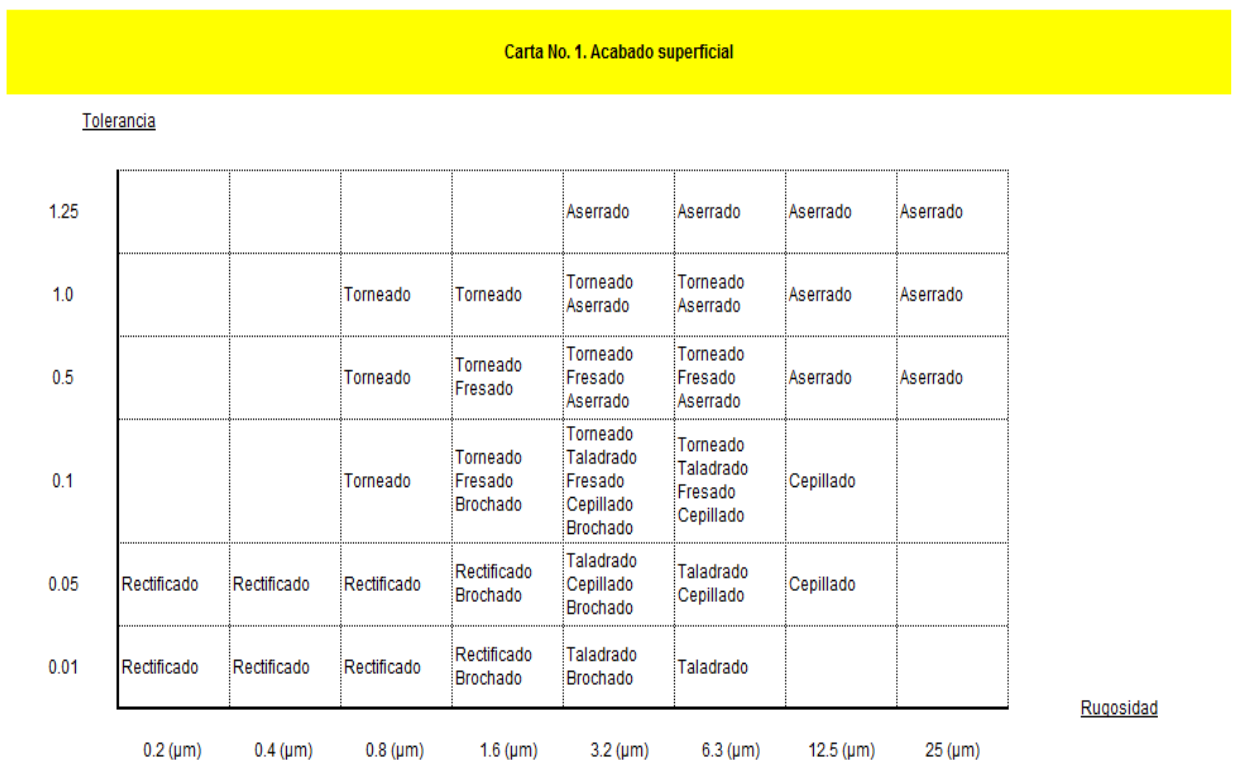
Figura No. 28 Estructura de las cartas



Fuente: Propiedad del autor

En las cartas se cruzan dos variables, uno se ubica en lado de las (x) y el otro en el lado de las (y), en la primera Carta 1, se comparan los valores de la tolerancia (y) con los valores de la rugosidad (x), los procesos se ubican teniendo en cuenta la delimitación que se realizó de cada uno en el Capítulo 11 del presente documento, al momento de que el usuario seleccione el valor de tolerancia y de rugosidad deseado, esto se toma como una coordenada (x,y) y se busca en la carta a que casilla corresponde, los procesos que se encuentran dentro de ella, son los procesos ideales para esas condiciones.

Figura No. 29 Carta 1 – Acabado superficial



Fuente: Propiedad del autor

En los casos en los que la casilla se encuentra libre, es porque esa no es una buena opción, en este caso, de la carta 1, se asocia la tolerancia y la rugosidad como una

propiedad de acabado superficial, así que, se propone un relación proporcional, a menor tolerancia menor el valor de rugosidad y mayor el acabado superficial.

En la carta 2, se compara el material de la pieza y el material de la herramienta, a esta relación se le llamo: dureza, puesto que no es lo mismo maquinar un material muy duro, a uno de menor dureza, al igual que en la primera hay espacios vacíos y esto se debe a que no todas los materiales de herramientas pueden mecanizar todos los materiales, ejemplo, no se sugiere utilizar un material de herramienta de acero al carbono, para maquinar acero al carbono puesto tienen la misma dureza y la combinación no sería recomendable.

Figura No. 30 Carta 2 - Dureza

Carta No. 2. Propiedades del material y la maquina herramienta

Material a mecanizar

Acero Aleado		Torneado Fresado Brochado Aserrado	Torneado	Torneado Fresado Brochado Aserrado	Rectificado	Rectificado	Torneado Fresado	Torneado Fresado
Acero inoxidable	Taladrado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado	Torneado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado	Rectificado		Torneado fresado	Torneado Fresado
Acero carbono		Torneado Fresado Aserrado	Torneado	Torneado Fresado Aserrado	Rectificado		Torneado Fresado	Torneado Fresado
Aleaciones de aluminio	Taladrado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado Brochado	Torneado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado Brochado			Torneado Fresado	Torneado Fresado
Aleaciones de magnesio	Taladrado	Torneado Taladrado Cepillado Brochado	Torneado	Torneado Taladrado Cepillado Brochado			Torneado	Torneado
Aleaciones de cobre	Taladrado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado Aserrado	Torneado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado Aserrado			Torneado Fresado	Torneado Fresado
Hierro fundido	Taladrado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado	Torneado	Torneado Taladrado Fresado Cepillado Rectificado	Rectificado		Torneado Fresado	Torneado Fresado
Cobre		Aserrado		Aserrado				

Materiales para herramienta

Acero carbono	al	Acero de alta velocidad	Aleaciones fundidas	Carburos	Oxido aluminio	de	Nitruro de boro cúbico	de	Cerámicos	Diamante
---------------	----	-------------------------	---------------------	----------	----------------	----	------------------------	----	-----------	----------

Fuente: Propiedad del autor

Por último, la carta 3 compara el tamaño (y) aproximado de la pieza, con la forma de la pieza a maquinar (x), en este caso no existen espacios en blanco puesto que los procesos que se trabajaron tienen la versatilidad de maquinar piezas de diferentes formas y tamaños.

Figura No. 31 Carta 3 – Especificación de la pieza

Base No. 3. Especificación de la pieza

Tamaño (metros)

8	Brochado	Cepillado Brochado	Cepillado Brochado
2	Cilindrica Brochado Taladrado	Brochado	Brochado
1	Torneado	Rectificado Aserrado	Rectificado Aserrado
0.5	Torneado Fresado	Fresado	Fresado
	Cilindrica	Plana	Diversa

Forma

Fuente: Propiedad del autor

Las bases de datos también son útiles para la selección de procesos, estas se utilizan ordenando datos en tablas según valores de la propiedad que se esté utilizando, por lo general estos datos son resultado de la utilización de ecuaciones, bases de datos o cartas. (Shackelford, 2005) Por lo general las bases de datos se dividen en dos categorías: literarias y numéricas

En la tabla 27., se presenta la ductilidad, se da un porcentaje de alargamiento para la misma serie de aceros de herramientas ordenados según ductilidad creciente.

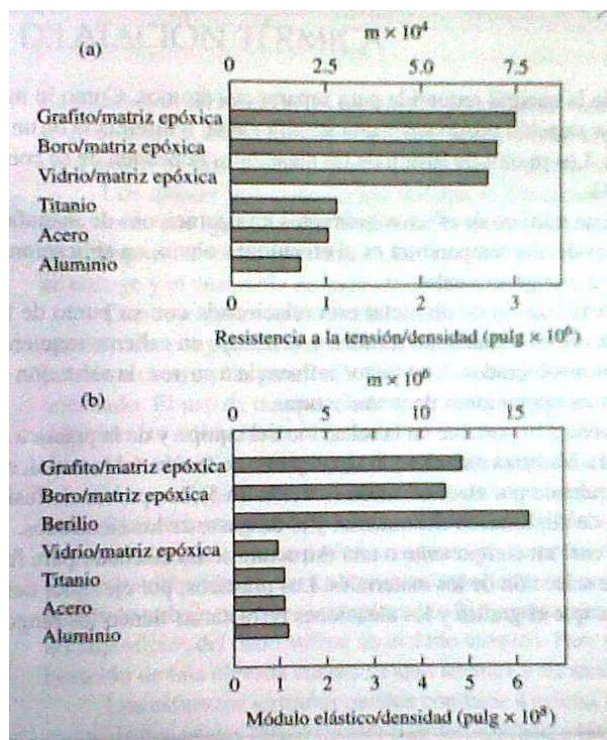
Tabla No. 27 Selección del alargamiento de aceros de herramientas

Tipo	Tratamiento	Alargamiento (%)
L6	Templado en aceite desde 845 °C y revenido a 315 °C	4
L2	Templado en aceite desde 855 °C y revenido a 205 °C	5
S5	Templado en aceite desde 870 °C y revenido a 205 °C	5
S5	Templado en aceite desde 870 °C y revenido a 315 °C	7
S7	Enfriado con ventilador desde 940 °C y revenido a 205 °C	7
L6	Templado en aceite desde 845 °C y revenido a 425 °C	8
S5	Templado en aceite desde 870 °C y revenido a 425 °C	9
S7	Templado en aceite desde 940 °C y revenido a 315 °C	9
L2	Templado en aceite desde 855 °C y revenido a 315 °C	10
S5	Templado en aceite desde 870 °C y revenido a 540 °C	10
S7	Enfriado con ventilador desde 940 °C y revenido a 425 °C	10
S7	Enfriado con ventilador desde 940 °C y revenido a 540 °C	10
L2	Templado en aceite desde 855 °C y revenido a 425 °C	12
L6	Templado en aceite desde 845 °C y revenido a 540 °C	14
S7	Enfriado con ventilador desde 940 °C y revenido a 640 °C	14
L2	Templado en aceite desde 855 °C y revenido a 540 °C	15
S5	Templado en aceite desde 870 °C y revenido a 640 °C	15
L6	Templado en aceite desde 845 °C y revenido a 640 °C	20
S1	Recocido	24
L2	Recocido	25
L2	Templado en aceite desde 855 °C y revenido a 640 °C	25
L6	Recocido	25
S5	Recocido	25
S7	Recocido	25

Fuente: J.F Shackelford, W.Alexandar y J.S. Park. Datos de ASM Metals Reference Book, 2^{na} de., American Society for Metals

Las bases de datos no necesariamente se presentan en tablas, en la figura 32., se puede observar la resistencia específica (Resistencia a la tensión/densidad) y rigidez (módulo elástico/densidad) para varios materiales a temperatura ambiente, representada gráficamente:

Figura No. 32 Resistencia Específica y rigidez específica

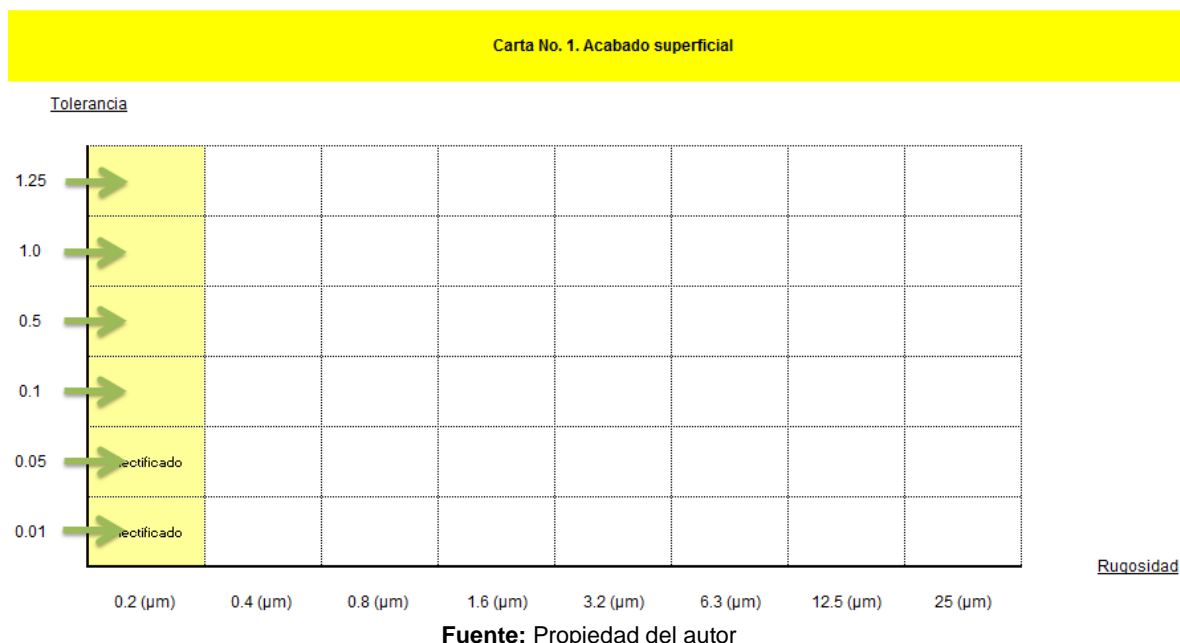


Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación.

Teniendo en cuenta la información la anterior información, se estructura una base de datos tomando como referencia las tres cartas: Acabado superficial, Dureza y Especificación de la pieza.

Para las tres cartas se utiliza la misma metodología para extraer los datos, así como se observa en la figura 33 (Carta de acabado superficial), para cruzar la información se toma como referencia los datos ubicados en el eje (y) de la carta, para la carta de Acabado superficial este eje representa el valor de tolerancia, estos valores se compara con cada uno de los valores del eje (x), y se toman los procesos que corresponde para cada relación.

Figura No. 33 Método de extracción de datos



Las combinaciones de hacen una a una, esta información se organiza en una tabla como la que se muestra en la tabla 28., donde se encuentran listados cada uno de los valores de (x) y (y).

Tabla No. 28 Estructura base de datos – Parte 1

combinación_selecciones	selección1	selección2
Base 1. Acabado superficial	Tolerancia	Rugosidad
1.25 (mm) ==> 0.2 (µm)	1.25 (mm)	0.2 (µm)
1.0 (mm) ==> 0.2 (µm)	1.0 (mm)	0.2 (µm)
0.5 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.5 (mm)	0.2 (µm)
0.1 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.1 (mm)	0.2 (µm)
0.05 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.05 (mm)	0.2 (µm)
0.01 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.01 (mm)	0.2 (µm)
1.25 (mm) ==> 0.4 (µm)	1.25 (mm)	0.4 (µm)
1.0 (mm) ==> 0.4 (µm)	1.0 (mm)	0.4 (µm)
0.5 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.5 (mm)	0.4 (µm)
0.1 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.1 (mm)	0.4 (µm)
0.05 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.05 (mm)	0.4 (µm)
0.01 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.01 (mm)	0.4 (µm)
1.25 (mm) ==> 0.8 (µm)	1.25 (mm)	0.8 (µm)
1.0 (mm) ==> 0.8 (µm)	1.0 (mm)	0.8 (µm)
0.5 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.5 (mm)	0.8 (µm)
0.1 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.1 (mm)	0.8 (µm)
0.05 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.05 (mm)	0.8 (µm)
0.01 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.01 (mm)	0.8 (µm)

Fuente: Propiedad del autor

En frente de cada combinación aparecen ocho columnas con los nombres de los siete procesos y una más para las combinaciones incompatibles, en frente de cada combinación se coloca el nombre del proceso ó procesos correspondientes, tal y como se observa en la tabla 29:

Tabla No. 29 Estructura base de datos – Parte 2

combinación_selecciones	selección1	selección2	Tomeado	Taladrado	Fresado	Cepillado	Rectificado	Brochado	Aserrado	Incompatible
Base 1. Acabado superficial	Tolerancia	Rugosidad								
1.25 (mm) ==> 0.2 (µm)	1.25 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
1.0 (mm) ==> 0.2 (µm)	1.0 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
0.5 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.5 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
0.1 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.1 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
0.05 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.05 (mm)	0.2 (µm)					Rectificado			
0.01 (mm) ==> 0.2 (µm)	0.01 (mm)	0.2 (µm)					Rectificado			
1.25 (mm) ==> 0.4 (µm)	1.25 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
1.0 (mm) ==> 0.4 (µm)	1.0 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
0.5 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.5 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
0.1 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.1 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
0.05 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.05 (mm)	0.4 (µm)					Rectificado			
0.01 (mm) ==> 0.4 (µm)	0.01 (mm)	0.4 (µm)					Rectificado			
1.25 (mm) ==> 0.8 (µm)	1.25 (mm)	0.8 (µm)								Incompatible
1.0 (mm) ==> 0.8 (µm)	1.0 (mm)	0.8 (µm)	Tomeado							
0.5 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.5 (mm)	0.8 (µm)	Tomeado							
0.1 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.1 (mm)	0.8 (µm)	Tomeado							
0.05 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.05 (mm)	0.8 (µm)					Rectificado			
0.01 (mm) ==> 0.8 (µm)	0.01 (mm)	0.8 (µm)					Rectificado			

Fuente: Propiedad del autor

Estas combinaciones se hacen para todos los procesos, arrojando como resultado una base de datos que esta dividida en tres partes: Acabado superficial, Dureza y Especificación de la pieza.

Tabla No. 30 Base de datos Acabado superficial

combinación_rolocccionar	roloccción1	roloccción2	Torneada	Taladrada	Frozada	Copillada	Rectificada	Brachada	Azorrada	Incompatible
Base 1. Acabado superficial										
	Tolerancia	Requidid								
1.25 (mm) --> 0.2 (µm)	1.25 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
1.0 (mm) --> 0.2 (µm)	1.0 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
0.5 (mm) --> 0.2 (µm)	0.5 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
0.1 (mm) --> 0.2 (µm)	0.1 (mm)	0.2 (µm)								Incompatible
0.05 (mm) --> 0.2 (µm)	0.05 (mm)	0.2 (µm)					Rectificada			
0.01 (mm) --> 0.2 (µm)	0.01 (mm)	0.2 (µm)					Rectificada			
1.25 (mm) --> 0.4 (µm)	1.25 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
1.0 (mm) --> 0.4 (µm)	1.0 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
0.5 (mm) --> 0.4 (µm)	0.5 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
0.1 (mm) --> 0.4 (µm)	0.1 (mm)	0.4 (µm)								Incompatible
0.05 (mm) --> 0.4 (µm)	0.05 (mm)	0.4 (µm)					Rectificada			
0.01 (mm) --> 0.4 (µm)	0.01 (mm)	0.4 (µm)					Rectificada			
1.25 (mm) --> 0.8 (µm)	1.25 (mm)	0.8 (µm)								Incompatible
1.0 (mm) --> 0.8 (µm)	1.0 (mm)	0.8 (µm)	Torneada							
0.5 (mm) --> 0.8 (µm)	0.5 (mm)	0.8 (µm)	Torneada							
0.1 (mm) --> 0.8 (µm)	0.1 (mm)	0.8 (µm)	Torneada							
0.05 (mm) --> 0.8 (µm)	0.05 (mm)	0.8 (µm)					Rectificada			
0.01 (mm) --> 0.8 (µm)	0.01 (mm)	0.8 (µm)					Rectificada			
1.25 (mm) --> 1.6 (µm)	1.25 (mm)	1.6 (µm)								Incompatible
1.0 (mm) --> 1.6 (µm)	1.0 (mm)	1.6 (µm)	Torneada							
0.5 (mm) --> 1.6 (µm)	0.5 (mm)	1.6 (µm)	Torneada		Frozada					
0.1 (mm) --> 1.6 (µm)	0.1 (mm)	1.6 (µm)	Torneada		Frozada			Brachada		
0.05 (mm) --> 1.6 (µm)	0.05 (mm)	1.6 (µm)					Rectificada	Brachada		
0.01 (mm) --> 1.6 (µm)	0.01 (mm)	1.6 (µm)					Rectificada	Brachada		
1.25 (mm) --> 3.2 (µm)	1.25 (mm)	3.2 (µm)								
1.0 (mm) --> 3.2 (µm)	1.0 (mm)	3.2 (µm)	Torneada						Azorrada	
0.5 (mm) --> 3.2 (µm)	0.5 (mm)	3.2 (µm)	Torneada		Frozada				Azorrada	
0.1 (mm) --> 3.2 (µm)	0.1 (mm)	3.2 (µm)	Torneada	Taladrada	Frozada	Copillada		Brachada	Azorrada	
0.05 (mm) --> 3.2 (µm)	0.05 (mm)	3.2 (µm)		Taladrada		Copillada		Brachada		
0.01 (mm) --> 3.2 (µm)	0.01 (mm)	3.2 (µm)		Taladrada				Brachada		
1.25 (mm) --> 6.3 (µm)	1.25 (mm)	6.3 (µm)								
1.0 (mm) --> 6.3 (µm)	1.0 (mm)	6.3 (µm)	Torneada						Azorrada	
0.5 (mm) --> 6.3 (µm)	0.5 (mm)	6.3 (µm)	Torneada		Frozada				Azorrada	
0.1 (mm) --> 6.3 (µm)	0.1 (mm)	6.3 (µm)	Torneada	Taladrada	Frozada	Copillada				
0.05 (mm) --> 6.3 (µm)	0.05 (mm)	6.3 (µm)		Taladrada		Copillada				
0.01 (mm) --> 6.3 (µm)	0.01 (mm)	6.3 (µm)		Taladrada						
1.25 (mm) --> 12.5 (µm)	1.25 (mm)	12.5 (µm)								
1.0 (mm) --> 12.5 (µm)	1.0 (mm)	12.5 (µm)							Azorrada	
0.5 (mm) --> 12.5 (µm)	0.5 (mm)	12.5 (µm)							Azorrada	
0.1 (mm) --> 12.5 (µm)	0.1 (mm)	12.5 (µm)				Copillada				
0.05 (mm) --> 12.5 (µm)	0.05 (mm)	12.5 (µm)				Copillada				
0.01 (mm) --> 12.5 (µm)	0.01 (mm)	12.5 (µm)								Incompatible
1.25 (mm) --> 25 (µm)	1.25 (mm)	25 (µm)							Azorrada	
1.0 (mm) --> 25 (µm)	1.0 (mm)	25 (µm)							Azorrada	
0.5 (mm) --> 25 (µm)	0.5 (mm)	25 (µm)							Azorrada	
0.1 (mm) --> 25 (µm)	0.1 (mm)	25 (µm)								Incompatible
0.05 (mm) --> 25 (µm)	0.05 (mm)	25 (µm)								Incompatible
0.01 (mm) --> 25 (µm)	0.01 (mm)	25 (µm)								Incompatible

Fuente: Propiedad del autor

Tabla No. 31 Base de datos Dureza

combinación_selecciones	selección1	selección2	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado	Rectificado	Brochado	Aserrado	Incompatible
Base 2. Dureza										
Labial de la pieza para torneado										
Rosa Alzada --> Rosa al carbón	Rosa Alzada	Rosa al carbón								Incompatible
Rosa Inaudible --> Rosa al carbón	Rosa Inaudible	Rosa al carbón		Taladrado						Incompatible
Rosa al carbón --> Rosa al carbón	Rosa al carbón	Rosa al carbón		Taladrado						Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Rosa al carbón	Alcuzadora de aluminio	Rosa al carbón		Taladrado						Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Rosa al carbón	Alcuzadora de magnesio	Rosa al carbón		Taladrado						Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Rosa al carbón	Alcuzadora de cobre	Rosa al carbón		Taladrado						Incompatible
Niaca Fundida --> Rosa al carbón	Niaca Fundida	Rosa al carbón		Taladrado						Incompatible
Cake --> Rosa al carbón	Cake	Rosa al carbón		Taladrado						Incompatible
Rosa Alzada --> Rosa de alta velocidad	Rosa Alzada	Rosa de alta velocidad	Torneado		Fresado			Brochado	Aserrado	Incompatible
Rosa Inaudible --> Rosa de alta velocidad	Rosa Inaudible	Rosa de alta velocidad	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Rosa al carbón --> Rosa de alta velocidad	Rosa al carbón	Rosa de alta velocidad	Torneado		Fresado			Brochado	Aserrado	Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Rosa de alta velocidad	Alcuzadora de aluminio	Rosa de alta velocidad	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Rosa de alta velocidad	Alcuzadora de magnesio	Rosa de alta velocidad	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Rosa de alta velocidad	Alcuzadora de cobre	Rosa de alta velocidad	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Niaca Fundida --> Rosa de alta velocidad	Niaca Fundida	Rosa de alta velocidad	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Cake --> Rosa de alta velocidad	Cake	Rosa de alta velocidad	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Rosa Alzada --> Alcuzadora fundidas	Rosa Alzada	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Rosa Inaudible --> Alcuzadora fundidas	Rosa Inaudible	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Rosa al carbón --> Alcuzadora fundidas	Rosa al carbón	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Alcuzadora fundidas	Alcuzadora de aluminio	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Alcuzadora fundidas	Alcuzadora de magnesio	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Alcuzadora fundidas	Alcuzadora de cobre	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Niaca Fundida --> Alcuzadora fundidas	Niaca Fundida	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Cake --> Alcuzadora fundidas	Cake	Alcuzadora fundidas	Torneado							Incompatible
Rosa Alzada --> Carburon	Rosa Alzada	Carburon	Torneado		Fresado			Brochado	Aserrado	Incompatible
Rosa Inaudible --> Carburon	Rosa Inaudible	Carburon	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Rosa al carbón --> Carburon	Rosa al carbón	Carburon	Torneado		Fresado			Brochado	Aserrado	Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Carburon	Alcuzadora de aluminio	Carburon	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Carburon	Alcuzadora de magnesio	Carburon	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Carburon	Alcuzadora de cobre	Carburon	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Niaca Fundida --> Carburon	Niaca Fundida	Carburon	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Cake --> Carburon	Cake	Carburon	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado		Brochado	Aserrado	Incompatible
Rosa Alzada --> Ouido de aluminio	Rosa Alzada	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Rosa Inaudible --> Ouido de aluminio	Rosa Inaudible	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Rosa al carbón --> Ouido de aluminio	Rosa al carbón	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Ouido de aluminio	Alcuzadora de aluminio	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Ouido de aluminio	Alcuzadora de magnesio	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Ouido de aluminio	Alcuzadora de cobre	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Niaca Fundida --> Ouido de aluminio	Niaca Fundida	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Cake --> Ouido de aluminio	Cake	Ouido de aluminio					Rectificado			Incompatible
Rosa Alzada --> Nilaera de kera otkina	Rosa Alzada	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Rosa Inaudible --> Nilaera de kera otkina	Rosa Inaudible	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Rosa al carbón --> Nilaera de kera otkina	Rosa al carbón	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Nilaera de kera otkina	Alcuzadora de aluminio	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Nilaera de kera otkina	Alcuzadora de magnesio	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Nilaera de kera otkina	Alcuzadora de cobre	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Niaca Fundida --> Nilaera de kera otkina	Niaca Fundida	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Cake --> Nilaera de kera otkina	Cake	Nilaera de kera otkina					Rectificado			Incompatible
Rosa Alzada --> Cframion	Rosa Alzada	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Rosa Inaudible --> Cframion	Rosa Inaudible	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Rosa al carbón --> Cframion	Rosa al carbón	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Cframion	Alcuzadora de aluminio	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Cframion	Alcuzadora de magnesio	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Cframion	Alcuzadora de cobre	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Niaca Fundida --> Cframion	Niaca Fundida	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Cake --> Cframion	Cake	Cframion	Torneado		Fresado					Incompatible
Rosa Alzada --> Diamante	Rosa Alzada	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible
Rosa Inaudible --> Diamante	Rosa Inaudible	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible
Rosa al carbón --> Diamante	Rosa al carbón	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible
Alcuzadora de aluminio --> Diamante	Alcuzadora de aluminio	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible
Alcuzadora de magnesio --> Diamante	Alcuzadora de magnesio	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible
Alcuzadora de cobre --> Diamante	Alcuzadora de cobre	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible
Niaca Fundida --> Diamante	Niaca Fundida	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible
Cake --> Diamante	Cake	Diamante	Torneado		Fresado					Incompatible

Tabla No. 32 Base de datos Especificación de la pieza

combinación_selecciones	selección1	selección2	Torneado	Taladrado	Fresado	Cepillado	Rectificado	Brochado	Aserrado	Incompatible
Base 3. Especificación de la pieza										
Tamaño Forma										
0.5 (m) Pequeña ==> Cilindrica	0.5 (m) Pequeña	Cilindrica	Torneado		Fresado					Incompatible
1 (m) Pequeña-Mediana ==> Cilindrica	1 (m) Pequeña-Mediana	Cilindrica	Torneado		Fresado					Incompatible
2 (m) Mediana ==> Cilindrica	2 (m) Mediana	Cilindrica		Taladrado				Brochado		Incompatible
8 (m) Grande ==> Cilindrica	8 (m) Grande	Cilindrica		Taladrado				Brochado		Incompatible
0.5 (m) Pequeña ==> Plana	0.5 (m) Pequeña	Plana			Fresado					Incompatible
1 (m) Pequeña-Mediana ==> Plana	1 (m) Pequeña-Mediana	Plana			Fresado		Rectificado		Aserrado	Incompatible
2 (m) Mediana ==> Plana	2 (m) Mediana	Plana			Fresado			Brochado		Incompatible
8 (m) Grande ==> Plana	8 (m) Grande	Plana			Fresado	Cepillado		Brochado		Incompatible
0.5 (m) Pequeña ==> Diversa	0.5 (m) Pequeña	Diversa			Fresado					Incompatible
1 (m) Pequeña-Mediana ==> Diversa	1 (m) Pequeña-Mediana	Diversa			Fresado		Rectificado		Aserrado	Incompatible
2 (m) Mediana ==> Diversa	2 (m) Mediana	Diversa			Fresado			Brochado		Incompatible
8 (m) Grande ==> Diversa	8 (m) Grande	Diversa			Fresado	Cepillado		Brochado		Incompatible

5 DESARROLLO DEL APLICATIVO

5.1 Justificación

El principal objetivo de esta tesis es proponer una metodología para la selección de procesos de manufactura, esta propuesta se presenta por medio de un aplicativo, el cual se diseñó y realizó en el programa de Microsoft Office Excel con el fin de que pueda ser utilizado por estudiantes, empresarios, docentes y particulares sin necesidad de tener un amplio conocimiento en lenguajes de programación y para dejar la posibilidad abierta para incluir nuevas cartas y bases de datos, cosa que sería muy difícil de hacer si el aplicativo estuviera bajo un lenguaje de programación como Visual Basic, Java, o cualquier otro lenguaje, puesto se tendría que cambiar el código de todo el programa.

5.2 Estructura del aplicativo

El Aplicativo está desarrollado en un Libro de Hoja Electrónica EXCEL, y contiene cinco hojas, que guardan toda la información requerida para las Consultas.

Hoja 1 - *Delimitaciones*:

Esta Hoja contiene el Formulario y la Información de Entrada requerida para procesar y obtener los Resultados de la Consulta. Todo el Proceso de Consulta e lleva a cabo en esta Hoja.

En la primera parte de la Hoja, están los campos que contienen la Selección del Material a Utilizar, el Material de la Herramienta; la delimitación de las Variables Tamaño – Forma y Tolerancia - Rugosidad y, la Ponderación de Variables. Esta es la Información Básica que se debe seleccionar para correr el Proceso de Consulta.

En la segunda parte de la Hoja, están los Botones de Acceso a los Procesos de Actualización de la Información, Obtención de Resultados de la Consulta, la pantalla de Resultados obtenidos y el Botón para Limpiar Datos del Formato.

También se encuentran los mensajes de Validación de Datos requeridos para la Consulta, los cuales deben ser seleccionados en la primera parte de la Hoja.

Al final de esta hoja y en Filas ocultas, está el resumen de las relaciones seleccionadas en la primera parte de la Hoja, información que se ordena de conformidad con los valores dados en la Ponderación de Variables.

Hoja 2 – *Cartas*:

La información de esta Hoja solo es utilizada como referente, ya que contiene las Cartas de Materiales, las cuales dan origen a la Tabulación de Información para el desarrollo de la Consulta. Estas Cartas son desarrolladas con base en mi proceso de Investigación.

Las tres Cartas contenidas en esta hoja son:

Base No. 1 Acabado Superficial.

Base No. 2 Dureza - Propiedades del Material y la máquina herramienta.

Base No. 3 Costo – Especificación de la Pieza.

Hoja 3 – *Proces1*:

Contiene la Descripción detallada de los siguientes Procesos:

- Torneado.
- Taladrado.
- Fresado.

Esta información se utiliza para que el usuario de la Consulta, profundice sobre el concepto de cada uno de los Procesos sugeridos como resultado de la Consulta.

Hoja 4 – *Proces2*:

Contiene la Descripción detallada de los siguientes Procesos:

- Cepillado.
- Rectificado.
- Brochado.

Al igual que en el caso de la Hoja anterior, esta información se utiliza para que el usuario de la Consulta, profundice sobre el concepto de cada uno de los Procesos sugeridos como resultado de la Consulta.

Hoja 5 – *Proces3*:

Contiene la Descripción detallada de los siguientes Procesos:

- Aserrado.

Como en las dos Hojas anteriores, esta información se utiliza para que el usuario de la Consulta, profundice sobre el concepto de cada uno de los Procesos sugeridos como resultado de la Consulta.

Hoja 6 – *Tabulac*:

En está Hoja se presentan Tabulados los resultados de Relacionar cada una de las Opciones descritas en las tres Cartas mencionadas en la Hoja 2.

La primera columna muestra el resultado de concatenar la combinación de selecciones. La información de esta columna es la que sirve de “llave” para la búsqueda de Resultados para presentar los Procesos sugeridos, según la información de consulta ingresada por el usuario.

En las siguientes dos columnas, están los materiales y/o valores indicados en cada una de las Cartas, así:

Base 1. Acabado Superficial. Se equipara Tolerancia y Rugosidad.

Base 2. Dureza. Se analiza el Proceso óptimo para un Material contra el Material de la Herramienta a Utilizar.

Base 3. Costo – Especificación de la Pieza. Se tienen en cuenta las variables de Tamaño de la Pieza y Forma de la misma.

A partir de la siguiente columna, se presentan como los Procesos óptimos, obtenidos según la relación indicada en cada Carta, así:

Columna D: Torneado.

Columna E: Taladrado.

Columna F: Fresado.

Columna G: Cepillado.

Columna H: Rectificado.

Columna I: Brochado.

Columna J: Aserrado.

Columna K: Relaciones Incompatibles.

Las únicas hojas que intercambian información durante el Proceso de Consulta, son la Hoja 1: Delimitaciones y la Hoja 6 Tabulac. Las demás, solo cumplen una función de carácter informativo.

5.3 Descripción de las bases de datos

La fuente principal de información para el procesamiento de la Consulta y posterior obtención de Resultados, la constituye la Base de Datos contenida en la Hoja denominada Tabulac. En ella están ordenados los Resultados de las Cartas propuestas en el presente Trabajo de investigación.

En la primera parte de la Base de Datos, está la Tabulación de la Carta de Acabado Superficial. Se obtiene de enfrentar los seis (6) valores especificados en la Carta para la Variable Tolerancia, contra cada uno de los ocho (8) valores de la Rugosidad.

Tolerancia	Rugosidad
1.25 (mm)	0.2 (µm)
1.0 (mm)	0.4 (µm)
0.5 (mm)	0.8 (µm)
0.1 (mm)	1.6 (µm)
0.05 (mm)	3.2 (µm)
0.01 (mm)	6.3 (µm)
	12.5 (µm)
	25 (µm)

Por ejemplo, para una Tolerancia de 0.05 (mm) y una Rugosidad de la pieza de 0.4 (µm), el Proceso obtenido como resultado es el de Rectificado.

En la segunda parte de la Base de Datos, contiene los resultados de comparar los posibles tipos de Material de la Pieza, contra el tipo de Material de la Herramienta utilizada:

Material de la pieza	Material de la Herramienta
Acero Aleado	Acero al carbono
Acero inoxidable	Acero de alta velocidad
Acero al carbono	Aleaciones fundidas
Aleaciones de aluminio	Carburos
Aleaciones de magnesio	Oxido de aluminio
Aleaciones de cobre	Nitruro de boro cúbico
Hierro fundido	Cerámicos
Cobre	Diamante

La última parte de la Base de Datos, presenta los Resultados de comparar el Tamaño de la Pieza contra la Forma de la misma, según la respectiva Carta propuesta:

Tamaño (m.)	Forma
0.5	Cilíndrica
1	Plana
2	Diversa
8	

Como resultado en cada uno de los Campos, se presentan los diferentes Procesos. Además, se muestra una columna con los Resultados de las relaciones Incompatibles. Por ejemplo, una pieza en Acero Aleado, no puede ser procesada con una herramienta fabricada en Acero al carbono.

Una segunda Base de Datos utilizada, aunque de menor tamaño, es el resultado de la Tabulación de las Relaciones seleccionadas por el usuario de la consulta y que se presenta en dos secciones, tal y como se muestra a continuación:

Relación	combinación_variables	vr_ponderación
Dureza	Hierro fundido ==> Acero de alta velocidad	45
Especificación de la pieza	0.5 (m) Pequeña ==> Plana	45
Acabado Superficial	0.1 (mm) ==> 0.8 (µm)	10

Relación	combinación_variables	vr_ponderación
Acabado Superficial	0.1 (mm) ==> 0.8 (µm)	10
Dureza	Hierro fundido ==> Acero de alta velocidad	45
Especificación de la pieza	0.5 (m) Pequeña ==> Plana	45

La primera Tabla, se encuentra en Columna D Fila 65 de la Hoja 1 Delimitaciones. Se obtiene copiando solo valores de la Tabla que aparece en segundo lugar, y se utiliza para realizar la búsqueda en la Base de Datos *Tabulac* con base en la

información del Campo *“combinación_variables”*. La información del campo *“vr_ponderación”* se utiliza para ordenar el contenido de la Tabla, de mayor a menor valor en este campo.

La segunda Tabla está ubicada en la Columna D a partir de la Fila 71 de la Hoja 1 Delimitaciones. La información del campo *“combinación_variables”* se obtiene de concatenar las dos opciones seleccionadas por el usuario de la consulta, en cada relación: Material de la Pieza – Material de la Herramienta (Dureza), Tolerancia – Rugosidad (Acabado Superficial) y Tamaño – Forma (Costo). Para este fin se utiliza la función CONCATENAR. Esta información siempre va a estar en función de la selección del usuario.

La Información del campo *“vr_ponderación”* se toma directamente de las celdas S18, S20 y S22, que contienen los Valores asignados por el usuario a la ponderación de variables.

5.4 Estructuras de las consultas

Como ya se ha venido explicando ampliamente en las secciones anteriores, el usuario de la consulta debe seleccionar las dos opciones que se muestran en cada una de las tres Relaciones ya descritas. La selección la debe hacer buscando dentro de la Lista que se despliega en la respectiva Celda y que corresponden a los valores asignados a cada una de las Variables en las Cartas ya descritas. Cada una de estas Relaciones conforma una *“llave”* para llevar a cabo la búsqueda. Esta *“llave”* se conforma con la ayuda de la función CONCATENAR, es decir, unir el resultado de la primera selección con el de la segunda, colocando como separador la combinación *“==>”*. El resultado se lleva a la Tabla descrita en el punto anterior, al final de la Hoja 1 Delimitaciones.

Cada Relación tiene oculto un mensaje de *“ALERTA”* que se activa en caso de que se seleccione una relación que sea incompatible. Para este caso se utilizan las funciones condicionales SI y SI. ERROR y la función BUSCARV.

La estructura de esta Alerta consiste en que la “llave” conformada por la concatenación de las dos opciones seleccionadas, se busca en la Base de datos Tabulac Columna K, y si el resultado es la opción “*Incompatible*”, inmediatamente se activa el mensaje “*Selección Incompatible*”; si el resultado es contrario, la Celda queda en blanco.

Ubicación de Mensaje de Alerta:

Relación:

- | | |
|--|-----------|
| a. Acabado superficial (Tolerancia - Rugosidad) | Celda K37 |
| b. Dureza (Materiales de la pieza y herramienta) | Celda D24 |
| c. Especificación de la pieza (Tamaño - Forma) | Celda D37 |

La siguiente información que debe seleccionar el usuario corresponde a la Ponderación de Variables, asignando un valor a cada uno de los tres ítem, entre 1 y 100. Sin embargo, la sumatoria de los tres valores asignados, debe sumar exactamente 100. Lo que se pretende es crear una escala de valor, que permita al usuario de la consulta ordenar en grado de importancia, de acuerdo a su interés, cual es la relación que más le interesa al momento de elaborar la pieza: Acabado Superficial, Dureza de la Pieza o Costo de elaboración.

Con base en los valores, se corre un proceso de ordenamiento de mayor a menor, para clasificar cual es el Criterio de mayor Importancia, es decir, el Proceso Ideal para la fabricación de la pieza. Los que le siguen en orden, se constituirán como opciones alternativas, es decir Proceso Viable dependiendo del segundo Criterio o Proceso Opcional o como última alternativa, según el criterio que menor valor se le asignó.

Esta sección de Ponderación de variables, cuenta con un Mensaje de AYUDA, que le indica al usuario una vez inicia a asignar valores, que aún la sumatoria no es igual a 100 y le indica cuanto que valor le falta para completar dicho valor.

El mensaje *“La Sumatoria no es igual a 100”* está ubicado en la Celda O24 y para ello se utiliza la función condicional SI. La estructura de esta AYUDA es que SI la sumatoria de las Celdas S16, S18 y S20 es diferente de 100, se active el mensaje ya indicado; de lo contrario, el contenido de la Celda se muestre en blanco.

De igual Modo, en la Celda S24, se muestra la ayuda del valor que falta para igualar la sumatoria a 100. Se utiliza la función condicional SI y la estructura consiste en que SI la sumatoria de las Celdas S18, S20 y S22 es diferente de 100, tome 100 y le reste el contenido de las mismas Celdas; de lo contrario, dejar la Celda en blanco.

La siguiente estructura consiste en una AYUDA para Validación de los Datos Seleccionados por el usuario de la Consulta y los respectivos mensajes se harán visibles en la Celdas C43, C44 y C45, en caso de NO cumplirse la condición de Validación.

El objetivo de esta AYUDA es verificar que en cada una de las seis opciones de selección, tengan un valor diferente al mensaje “Seleccione un material...”, “Seleccione una forma...”, “Seleccione un tamaño...” o “Seleccione un valor...”.

De ser así, en cualquiera de las tres Relaciones, aparecerá el mensaje de AYUDA “FALTAN DATOS DE ACABADO SUPERFICIAL”, “FALTAN DATOS DE DUREZA” o “FALTAN DATOS DE LA PIEZA, para cada caso específico.

Se utiliza la función condicional SI.ERROR y la función BUSCARV. La estructura de esta ayuda consiste en buscar el resultado de cada una de las Relaciones

concatenado, la Base de Datos Tabulac; si esta búsqueda genera error, activar el respectivo mensaje.

Dentro de la Estructura de la Consulta, con lo descrito hasta aquí, tenemos como garantizar que el Aplicativo ya cuenta con la Información necesaria para iniciar la Consulta, es decir, ya se puede garantizar que de solucionar los Mensajes de ALERTA y AYUDA descritos, ya contamos con la Información de Entrada para llevar a cabo la Consulta.

Una vez verificada la Información requerida para el Proceso de Consulta, se deben correr dos procesos a la Información de Entrada, para obtener los resultados esperados de conformidad con los intereses específicos del usuario.

Con la información indicada por el usuario de la consulta, se corre el proceso que tiene la siguiente estructura.

ACTUALIZAR:

El Proceso ejecutado por este Botón, consiste en leer la Información indicada por el usuario de la consulta, y ordenarla de acuerdo a la prioridad indicada. Para lograr esto, se genera una macro con las actividades que se describen a continuación.

La Macro para el Proceso de Actualización, consiste en las actividades que se detallan a continuación:

Seleccionar la información contenida entre las Celdas D72 y r74, correspondiente a la información presentada a continuación y obtenida en la concatenación de las Relaciones:

Relación	combinación_variables	vr_ponderación
Acabado Superficial	0.1 (mm) ==> 0.8 (µm)	10
Dureza	Hierro fundido ==> Acero de alta velocidad	45
Especificación de la pieza	0.5 (m) Pequeña ==> Plana	45

Ya se indico anteriormente como se obtiene esta información.

La siguiente actividad consiste en copiar valores en el rango de Celdas desde la D66 y R68 de la Hoja 1 Delimitaciones.

Posteriormente, ordena el anterior rango, con base en los valores del campo “vr_ponderacion” para que el Proceso de Obtención de resultados establezca prioridades de acuerdo a este ordenación, de mayor a menor.

Con base en el ordenamiento anterior, se asignan las prioridades en los Procesos que tiene prioridad en el resultado de la Consulta.

En la celda H44 se Asigna el nombre de la prioridad; siguiendo el caso del ejemplo anterior, se asignaría la Relación “Acabado Superficial”.

En la Celda O44 se asigna la Relación que sigue en orden de prioridad, en este caso del ejemplo, Dureza.

En la Celda R44, se anota la última opción en cuanto a prioridad en la Relación, y en este caso, según el orden asignado, corresponde a Especificación de la pieza.

Con esta actividad. La Macro ACTUALIZACION finaliza la organización y alistamiento de la Información de Entrada requerida para la consulta.

A continuación se detalla la estructura de la Macro ACTUALIZACION:

```
Sub actualiza_datos()
```

```
,
```

```
' actualiza_datos Macro
```

```
' Actualiza la Información de nueva Consulta, para Visualizar Resultados
```

```
,
```

```
,
```

```
Range("D12:J13").Select
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=37
```

```
Rows("64:75").Select
```

```
Selection.EntireRow.Hidden = False
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=3
```

```
Range("D71:R74").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Range("D65").Select
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
:=False, Transpose:=False
```

```

Application.CutCopyMode = False

ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Clear

ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _
    "R65:R68"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _
    xlSortNormal

With ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort

    .SetRange Range("D65:R68")

    .Header = xlGuess

    .MatchCase = False

    .Orientation = xlTopToBottom

    .SortMethod = xlPinYin

    .Apply

End With

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-7

Range("H44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[22]C[-4]"

Range("O44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[23]C[-11]"

Range("R44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[24]C[-14]"

Range("H44:R44").Select

```

```

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=7

Rows("65:74").Select

Selection.EntireRow.Hidden = True

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9

Range("H43:R43").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-11

ActiveWorkbook.Save

End Sub

```

La parte final de la estructura de la Consulta, hace referencia al Proceso de la Información de Entrada, para obtener los Resultados esperados por el usuario de la Consulta.

Se ejecuta con el botón GENERAR RESULTADOS. Esta Macro tiene la siguiente estructura:

Para cada una de las columnas que muestran el Resultado de la Consulta, es decir “Proceso Ideal”, “Proceso Viable” y “Proceso Opcional”, se realiza un proceso de búsqueda de Información en la Base de Datos Tabulac. En todos los casos, se hace uso de las Funciones condicionales SI y SI.ERROR y la función BUSCARV.

La estructura de la búsqueda es la siguiente:

Empezar a buscar en estricto orden, las Relaciones a las que el usuario les dio mayor valor en la Ponderación de Variables. Para el caso del Proceso de Torneado, se busca la relación concatenada, contenida en la celda H66, para conocer si en la Columna D existe un resultado que esté indicado como Torneado; de ser contrario, la Celda se deja en blanco. El mismo Proceso de búsqueda se realiza para los demás Procesos y las demás Columnas de Resultado.

Los Resultados óptimos dentro de cada Columna de Resultados, se presentan de manera resaltada con los colores característicos de cada columna.

Por último, la Macro escribe en la Celda C45 el mensaje *“con click consulte el proceso”* para que vaya a las Hojas donde está contenida la descripción detallada de cada uno de los Procesos posibles, presentados en la Pantalla de Resultados.

Todos Los códigos de la Macro se encuentran en el Anexo 4.

5.5 Forma de uso

Luego de haber identificado y delimitado las principales variables que intervienen en el proceso de mecanizado se procedió a construir las relaciones de las mismas mediante cartas, a continuación se presenta una metodología para usar correctamente el aplicativo de selección de procesos. El aplicativo consta de tres principales fases, las cuales se explican a continuación:

5.5.1 Fase 1

Primero aparecerá una lista con las opciones de los materiales a seleccionar; primero debe escoger el material de la pieza y luego el material de la herramienta

1. Selección del Material

A continuación se muestra una lista de ocho materiales, seleccionar el material que desea mecanizar:

Selecione un Material....

Material de la herramienta:

Selecione un Material....

Como se dijo anteriormente, existe la posibilidad de que la combinación no sea compatible, en el caso que esto llegue a suceder, el aplicativo mostrara: Selección incompatible, y se deberá cambiar la combinación de materiales, ejemplo:

1. Selección del Material

A continuación se muestra una lista de ocho materiales, seleccionar el material que desea mecanizar:

Acero al carbono

Material de la herramienta:

Acero al carbono

Selección Incompatible

En la parte media del aplicativo, existe un botón denominado: Actualizar, es recomendable utilizarlo cada que se cambien las opciones.

ACTUALIZAR

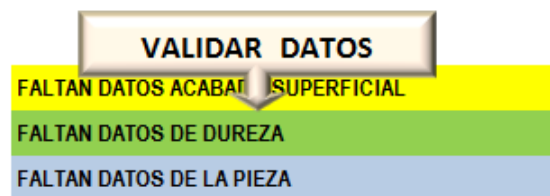
5.5.2 Fase 2

En esta fase debe delimitar las variables de entrada y seleccionar un valor dependiendo de las características de la pieza que desea manufacturar, estas variables son: tamaño aproximado de la pieza, forma de la pieza a maquinar, el valor de la tolerancia y el de rugosidad.

2. Delimitación de Variables			
Para conocer de forma más exacta las características del proceso indicado, se deben seleccionar Datos en las siguientes variables:			
Tamaño	Forma	Tolerancia	Rugosidad
Seleccione un Tamaño....	Seleccione una Forma....	Seleccione un Valor....	Seleccione un Valor....
Verifique los Mensajes de Validación de Datos; una vez haya Seleccionado todas las opciones, ACTUALICE y posteriormente GENERE RESULTADOS			

Cada variable está asociada a un color, y estos a su vez están relacionados a las tres cartas fundamentales, el color azul representa la carta 3: Especificación de la pieza, que combina el tamaño y la forma de la pieza, el color amarillo representa la carta 1: Acabado superficial, que combina el valor de tolerancia y rugosidad, por último el color verde representa la carta 2 la cual relaciona el material de la pieza y el material de la herramienta y es denominada: Dureza.

En la parte inferior izquierda del aplicativo justo debajo de: 2. Delimitación de variables, existe una validación de datos, a medida que se vayan delimitando las variables los mensajes del botón: "Validar datos" irán desapareciendo, esto para asegurar que todos los datos depositados. No se debe continuar hasta que no hayan desaparecido los tres mensajes.



5.5.3 Fase 3

Luego de haber delimitado las variables de entrada, se procede a dar un valor de 1 a 100 a las relaciones propuestas: Acabado superficial (que relaciona tolerancia y rugosidad), Dureza (la cual relaciona material de la pieza y de la herramienta) y Especificación de la pieza (compara el tamaño y la forma de la pieza), el valor que se le dé a cada una de las relaciones depende de lo que usted considera que es más importante para la manufactura de la pieza, este porcentaje es muy importante porque de esto depende el resultado final, siempre la suma de los porcentajes debe ser 100%, en el caso que no sea así, el aplicativo arrojará el siguiente mensaje:

3. Ponderación de Variables

Dependiendo de la importancia de las relaciones, dar un valor en (%) a la relación que usted considere mas importante, calificar de 1 a 100, siendo 100 el valor más relevante

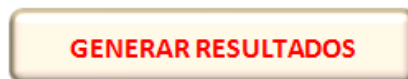
a. Acabado superficial (Tolerancia - Rugosidad)	80
b. Dureza (Materiales de la pieza y herramienta)	20
c. Especificación de la pieza (Tamaño - Forma)	15

La sumatoria de los tres valores debe ser igual a 100.

La Sumatoria no es Igual a 100

En caso que los porcentajes no sean del 100%, se deben reescribir los porcentajes, cada que se haga un cambio ya sea en los rangos de las variables, en el material, o en los porcentajes se debe dar click en el botón “Actualizar” ubicado en la parte inferior del aplicativo para que el programa vaya asumiendo los cambios en la información.

Teniendo estos datos completos, de ubica el botón “Generar resultados”, ubicado en la parte central del aplicativo.



5.5.4 Fase 4

Luego de generar los resultados, los procesos salen en el orden del porcentaje que se seleccionaron, utilizando una metodología de colores similar a la que utiliza la plataforma virtual Custompartnet.com, la relación a la que le dio más porcentaje aparecerá en una columna de color verde denominada: Proceso ideal, en ella aparecen los procesos más acordes con las características indicadas., acompañada del nombre de la relación.

A la relación que le haya dado el valor inmediatamente inferior, pertenecerá a la categoría: Proceso viable, en la columna de color amarillo.

Por último, la relación con el porcentaje más bajo hará parte de la categoría de Proceso opcional, los cuales aparecerán de color rojo y son los procesos menos recomendados.

La decisión final depende quien utilicé el aplicativo, puede seleccionar solamente los procesos ideales, ó tener en cuenta los dos relaciones con mayor valor y tomar la decisión, para ayudar a esto, en la parte izquierda del aplicativo aparecen listados los siete procesos, esto con el fin de ampliar la información de cada uno para que pueda tener una visión más completa de cada uno y tomar una buena decisión.



Ejemplo si se quisiera ampliar la información de torneado, se da click en la palabra Torneado e inmediatamente saldrá la información del proceso. En cada uno de los procesos se dan los parámetros de salida, los cuales fueron delimitados en el Capítulo 3, también se entrega más información adicional como: definición del proceso, tipo de maquinaria utilizada y tiempo.

Luego de cada consulta siempre se debe dar click en el botón: “Limpiar”, ubicado en la parte inferior del aplicativo para que el programa elimine todas las opciones antes seleccionadas y pueda utilizarse nuevamente sin ningún inconveniente.

5.6 Ejemplo

Con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del aplicativo y la aplicabilidad que este tiene en la industria metalmecánica, se realizara un ejemplo con una pieza real y se explicara la manera de leer los resultados.

Teniendo en cuenta las especificaciones de producto de la empresa Filrox Industrial Co., Ltd., se tomara para el ejemplo una tuerca de cabeza plana hexagonal

Figura No. 34 Tipos de tuerca de cabeza hexagonal



HEF SERIES

M THREAD SIZE	D (mm) +0/-0.1	HD(mm)	HT(mm) ±0.2	L (mm) ±0.5	FOR USING IN MATERIAL THICKNESS (mm)	Hole Size +0.1/-0.0
M4P0.7	5.95	9.0	1.0	11.0	0.5~2.0	6
M5P0.8	6.95	10.0	1.0	13.0	0.5~3.0	7
M6P1.0	8.95	13.0	1.5	16.0	0.5~3.0	9
M8P1.25	10.95	16.0	1.5	18.0	0.7~3.0	11
M10P1.5	12.95	19.0	1.9	24.0	1.0~4.0	13
M12P1.75	15.95	23.0	2.0	27.0	1.5~5.0	16

 **FILROX INDUSTRIAL CO., LTD.**
www.filrox.com.tw

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-free/flat-head-full-hex-rivet-nut-fastener-hex-rivet-nut-109464365.html>

Se hará el estudio para la rosca de tamaño (M) M5P0.8, se tendrá en cuenta la longitud L(mm) y el diámetro exterior HD (mm), puesto que esas son las medidas promedio que se tomaron para delimitar los tamaños en el aplicativo, las especificaciones de esta pieza son:

Tabla No. 33 Especificaciones de tuerca de cabeza hexagonal

Nombre	Tuerca de cabeza plana hexagonal. Remache de tuerca de fijación.
La tuerca de remache hexagonal es un elemento de fijación mecánico que tiene una doble función: tuerca y remache de unión	
Tipo	Extremo abierto, en el extremo cerrado
Material	Acero inoxidable
Longitud	13 mm
Tolerancia	±0.5
Diámetro exterior	6.95 mm
Tolerancia	±0.1
Acabado superficial	Bajo elección del cliente

Fuente: <http://www.bralo.com/es/productos/tuercas-remachables/tuerca-hexagonal>

En la especificación de la pieza no se encuentra el material de la herramienta, así que para el ejemplo se elegirá uno arbitrariamente.

Para saber dar un valor aproximado de acabado superficial es necesario conocer más a fondo las características de la tuerca hexagonal, esta tuerca es un elemento de fijación mecánica, la cual proporciona un punto de roscado en aquellas aplicaciones que solo tienen acceso por un lado, es ideal para utilizar en aplicaciones como: laminas metálicas finas, tubos, extrusiones, plásticos, electrodomésticos, bicicletas y carrocerías entre otras, ofrece una buena resistencia

al giro, se encuentran disponibles en distintos acabados que mejoran la resistencia a la corrosión.

Con esta información clara, se procede a utilizar el aplicativo: como se dijo, el material de la pieza es Acero inoxidable y el material de la herramienta se elige arbitrariamente.

1. Selección del Material

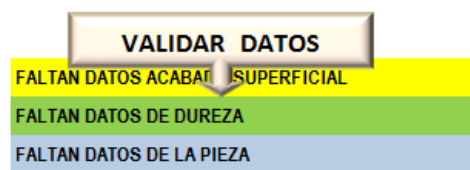
A continuación se muestra una lista de ocho materiales, seleccionar el material que desea mecanizar:

Acero inoxidable

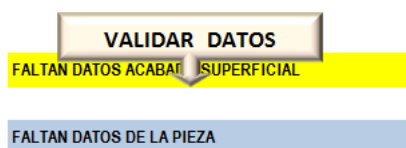
Material de la herramienta:

Carburos

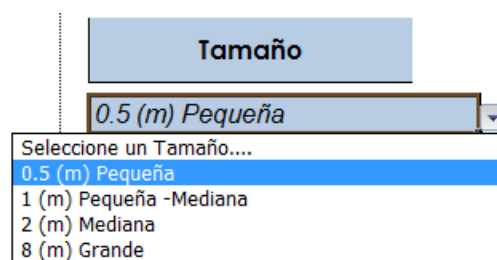
En la parte izquierda del aplicativo hay un botón llamado: “Validar datos”, esta es una validación que realiza internamente el programa para asegurarse que se delimitan todos los valores:



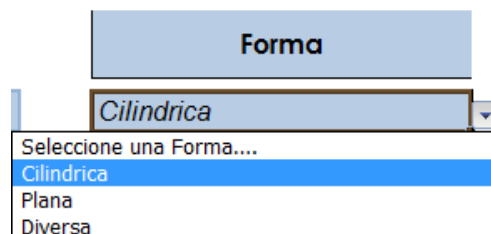
Después de haber escogido el material de la pieza y el de la herramienta, el mensaje: “Faltan datos de dureza” desaparecerá



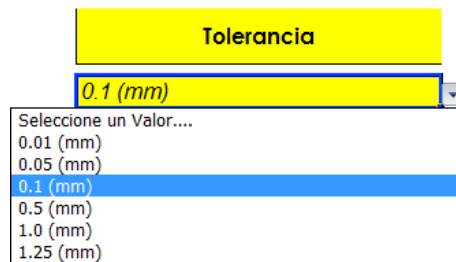
Luego de tener seleccionados los materiales se pasa a la fase 2: Delimitación de variables. El diámetro exterior es de 6.95 mm lo que equivale a 0.0065 metros, y la longitud es de 13 mm que equivalen a 0.013 m, es necesario hacer esa conversión puesto que el tamaño en el aplicativo esta en metros, el valor máximo de la tuerca es de 0.013m, en el aplicativo el rango más pequeño que se puede seleccionar es de ± 0.5 m, así que ese será el rango que se seleccionará en este caso



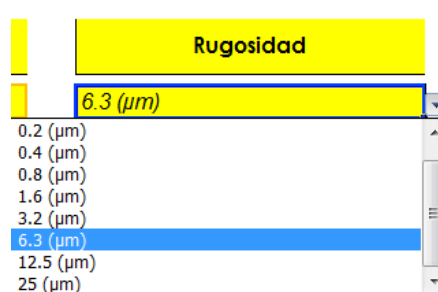
En el paso siguiente se debe seleccionar la forma de la pieza a maquinar, en esta variable se puede seleccionar una de las siguientes formas: cilíndrica, plana y diversa, sin mayor complicación la forma de la tuerca es cilíndrica



El valor de tolerancia de la tuerca está entre: ± 0.1 mm para el diámetro exterior y ± 0.5 mm para la longitud, en el aplicativo se puede seleccionar una de las dos tolerancias, (± 0.1 ó ± 0.5), en este caso se escogerá ± 0.1 puesto que es una pieza que se empalma con otras



Este tipo de tuercas pueden tener diferentes tipos de acabado dependiendo de la aplicación, para el ejemplo se seleccionara un acabado superficial normal (6.3 μm)



Con este valor ya se terminan de delimitar las variables de entrada:

2. Delimitación de Variables

Para conocer de forma más exacta las características del proceso indicado, se deben seleccionar Datos en las siguientes variables:

Tamaño	Forma	Tolerancia	Rugosidad
0.5 (m) Pequeña	Cilindrica	0.1 (mm)	6.3 (μm)

Verifique los Mensajes de Validación de Datos; una vez haya Seleccionado todas las opciones, ACTUALICE y posteriormente GENERE RESULTADOS

Y los mensajes de validación de datos ya habrán desaparecido:



Después de esto se continúa con la fase 3, en esta se debe dar un porcentaje a una de las tres relaciones:

3. Ponderación de Variables

Dependiendo de la importancia de las relaciones, dar un valor en (%) a la relación que usted considere mas importante, calificar de 1 a 100, siendo 100 el valor más relevante

- | | |
|--|--------------------------------|
| a. Acabado superficial (Tolerancia - Rugosidad) | <input type="text" value="0"/> |
| b. Dureza (Materiales de la pieza y herramienta) | <input type="text" value="0"/> |
| c. Especificación de la pieza (Tamaño - Forma) | <input type="text" value="0"/> |

La sumatoria de los tres valores debe ser igual a 100.

El porcentaje puede ser de 1 a 100, el valor de los tres siempre debe sumar 100, no necesariamente se le debe dar un valor a cada una, puede seleccionarse una sola y darle un porcentaje del 100%, esto depende de lo relevante de cada una de estas relaciones en la pieza. Como se dijo anteriormente, como la turca es una pieza que empalma con un tornillo u otra aplicación, es importante que tenga una buena precisión dimensional, por esto se le dará un valor de 60% a esta relación, en este caso no se le dará mucha relevancia a la relación de dureza (Material de la pieza y herramienta) puesto que en la especificación de la pieza no se menciona un tipo ideal de material para herramienta, por el contrario encontrar un proceso que maquine una pieza de forma cilíndrica si es importante, porque esto hará que la pieza se pueda producir con mayor facilidad, así que se dará un porcentaje de 40% para que pueda sumar el 100% .

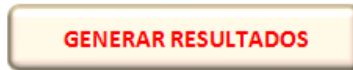
3. Ponderación de Variables

Dependiendo de la importancia de las relaciones, dar un valor en (%) a la relación que usted considere mas importante, calificar de 1 a 100, siendo 100 el valor más relevante

- | | |
|--|---------------------------------|
| a. Acabado superficial (Tolerancia - Rugosidad) | <input type="text" value="60"/> |
| b. Dureza (Materiales de la pieza y herramienta) | <input type="text" value="0"/> |
| c. Especificación de la pieza (Tamaño - Forma) | <input type="text" value="40"/> |

La sumatoria de los tres valores debe ser igual a 100.

Luego de esto se le da click en el botón ubicado en la parte central del aplicativo, denominado:



Los resultados se generan teniendo en cuenta los valores de los porcentajes que se dieron en la fase anterior, aparecerán tres columnas con tres colores diferentes:

RESULTADOS DEL ANALISIS		
Acabado Superficial	Especificación de la pieza	Dureza
PROCESO IDEAL	PROCESO VIABLE	PROCESO OPCIONAL
Torneado	Torneado	Torneado
Taladrado		Taladrado
Fresado	Fresado	Fresado
Cepillado		Cepillado



Los procesos de color verde son los procesos ideales, que corresponde al valor más alto de porcentaje: Acabado superficial, los siguientes son los procesos viables, que se presentan de color amarillo, y estos responden al valor inmediatamente inferior, para el caso de la tuerca, se le dio un valor de 40% a la especificación de la pieza, y por ultimo de color rojo aparecen los procesos que corresponden al valor mínimo de las tres relaciones.

Los resultados pueden interpretarse de diferentes formas, dependiendo de la limitación de las variables, en la columna de procesos ideales, puede aparecer uno, dos o tres procesos, al igual que para los procesos viables y los opcionales. Para la producción de la tuerca se puede escoger uno de los procesos ideales: Torneado, Taladrado, Fresado ó Cepillado, ó también pueden se pueden seleccionar los procesos que se encuentran repetidos en la columna de procesos ideales y

procesos viables, si fuera de esta manera los procesos serian: Torneado y fresado; esta es una buena opción se leer los resultados puesto se tienen en cuenta cuatro variables:

- Acabado superficial: se tiene en cuenta el valor de la tolerancia y el de la rugosidad
- Especificación de la pieza: se combina la forma de la pieza a mecanizar y el tamaño de la misma.

Para ver la diferencia entre el proceso de Torneado y Fresado, se continua con la fase 4

RESULTADOS DEL ANALISIS			
	Acabado Superficial	Especificación de la pieza	Dureza
con click Consulte el Proceso	PROCESO IDEAL	PROCESO VIABLE	PROCESO OPCIONAL
Torneado	Torneado	Torneado	Torneado
Taladrado	Taladrado		Taladrado
Fresado	Fresado	Fresado	Fresado
Cepillado	Cepillado		Cepillado
Rectificado			
Brochado			
Aserrado			

LIMPIAR

En la parte izquierda se encuentra una lista con todos los procesos, con solo dar click en el nombre del proceso, el aplicativo mostrara la información de cada uno; así como se observa en las tablas 34 y 35; las variables de salida que aparecen en cada uno de los procesos de mecanizado, fueron definidas en el capítulo 3 del actual documento

Con toda esa la información, se cuentan con las herramientas para seleccionar el proceso que más se adecua con las características de la pieza.

Tabla No. 34 Información proceso de fresado

FRESADO	
	<p>Se maquina la pieza poniéndola en contacto con una herramienta cortante giratoria. Existen dos tipos de fresado: horizontal y frontal, el horizontal se produce una superficie maquinada que es plana ó de forma y el fresado frontal el cual implica el maquinado de una cara que se sujeta en ángulo recto con el eje cortador</p>
<i>Características de proceso</i>	
Formas que maquinas	Plana, Diversa, Cilíndrica
Tolerancia	0.13 – 0.25 (mm)
Rugosidad	1.6 – 6.3 (µm)
Máquinas comúnmente utilizadas	Fresadora de columna; Horizontal, Vertical y Universal Fresadora de ménsula; Horizontal, Vertical y Universal Fresadora tipo bancada
Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora
<i>Parámetros de salida</i>	
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridos que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquinas	
Velocidad de corte	Acero al carbono 120 - 180 m/min
	Acero aleado 90 - 210 m/min
	Acero inoxidable 120 - 370 m/min
	Aleaciones de aluminio 610 - 900 m/min
	Aleaciones de cobre 300 - 760 m/min
	Hierro fundido 120 - 760 m/min
Tiempo	Baja a media El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N7 - N9
Costo	Bajo a medio
<p>Nota: las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es al rededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.</p>	

Fuente: Propiedad del autor

Tabla No. 35 Información proceso de torneado

TORNEADO		
	<p>La pieza que se va a maquinar gira y la herramienta de corte avanza contra ella.</p>	
<i>Características de proceso</i>		
Formas que maquinan	Cilíndrica	
Tolerancia	0.008 – 1 (mm)	
Rugosidad	0.8 – 6.3 (μm)	
Máquinas comúnmente utilizadas	Torno mecánico Torno copiado ó Trazador Torno de torreta ó Revólver Torno controlado por computador ó automático	
Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora	
<i>Parámetros de salida</i>		
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridos que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquinan		
Velocidad de corte	Acero al carbono	75 - 440 m/min
	Acero aleado	30 - 260 m/min
	Acero inoxidable	85 - 215 m/min
	Aleaciones de aluminio	550 - 490 m/min
	Aleaciones de cobre	90 - 520 m/min
	Hierro fundido	90 - 490 m/min
Tiempo	Torno mecánico - Muy baja a baja Torno copiado - Baja a media Torno de torreta (Revólver) - Baja a media Torno controlado por computador - Baja a media	
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N6 - N9	
Costo	Bajo a medio	
<p>Nota: las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es al rededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i>. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.</p>		

Fuente: Propiedad del autor

6 CONCLUSIONES

- El primer objetivo de este proyecto se esperaba evidenciar los mecanismos de decisión que utilizan las empresas de manufactura, luego de realizar una encuesta a un grupo de empresas del sector de mecanizado se encontró que existen falencias en la parte de planeación de las operación del proceso de mecanizado puesto se tiene más en cuenta la rapidez del procesos: tiempos y movimientos, que los parámetros de la pieza, también se evidencio que la información que se tiene en cuenta para manufacturar una pieza se basa principalmente en lo que se vive diariamente; participación trabajadores y experiencia del operario a cargo y no en lo que científicamente debería ser , este aplicativo combina la teoría científica, con la realidad de los procesos de mecanizado en Colombia, para lograr un buen equilibrio entre ambas.
- Para el desarrollo de la metodología se planteo como segundo objetivo la delimitación de las variables fundamentales de los procesos, después de toda una investigación se concluyo que al momento de manufacturar una pieza sea mediante el mecanizado o cualquier otro método de producción, son muchas las variables que intervienen y de la buena combinación de las mismas depende la calidad del producto final, se debe tener en cuenta la calidad de la herramienta de corte que se utiliza, el estado de la máquina, la habilidad del operario, el tiempo que se demora en producirse, especificaciones de diseño, en sí ,las variables que intervienen son muchas: hubiera sido excelente tenerlas en cuenta a todas, pero por motivos de extensión, en este proyecto se investigaron y delimitaron las que más hacen la diferencia al momento de seleccionar un proceso u otro, por ejemplo, el tamaño es fundamental al momento de decidir mediante qué proceso se va a

manufacturar una pieza, puesto que producir una pieza pequeña mediante un proceso con capacidad para piezas grandes hace que el costo se eleve.

- Luego de identificar y delimitar las variables fundamentales del proceso de mecanizado, se dio cumplimiento al tercer objetivo y se construyeron las relaciones existentes entre las variables fundamentales de las piezas manufacturadas y los procesos de producción, para construir las relaciones se utilizó un sistema de cartas coordenadas, en las que cada variable se ubicaba en un eje (x, y), cada variable con sus respectivos rangos, en las intersecciones se ubicaron los procesos que eran más afines a cada rango, las variables se combinaron de acuerdo a su afinidad.
- Con este proyecto de investigación se buscaba proponer una metodología para la selección de procesos de mecanizado, esto se logró por medio de la utilización de cartas y bases de datos, este método tiene como gran ventaja que se puede extender a más variables, para el proceso de mecanizado se propusieron tres cartas: Dureza (relacionaba el material de la herramienta con el material de la pieza), Acabado superficial (combinación de los valores de tolerancia y rugosidad) y Especificación de la pieza (se tenía en cuenta el tamaño y la forma de la pieza a mecanizar), pero con más investigación pueden incluirse muchas más sin necesidad hacer cambios en la metodología, las cartas actuales realizan búsquedas en un cuadrante (x,y), comparando así dos variables, esto limita un poco el resultado, pero se podrían mejorar estructurando búsquedas (x,y,z) que puedan comparar dos, tres, o más variables.

El objetivo general de este proyecto era: Diseñar un aplicativo que facilite y oriente la selección de procesos de mecanizado basado en variables y propiedades de piezas de manufactura, luego de haber cumplido todos los objetivos específicos se puede concluir que es posible facilitar la elección de procesos de mecanizado, utilizando la metodología de cartas y bases de datos, puesto que logra tener en cuenta diferentes variables que intervienen en el proceso y compararlas entre sí, arrojando como resultados los procesos que son más afines a las características de la pieza a producir, el aplicativo que se presento es muy simple de manejar, presenta los resultados de manera clara y es rápido en la búsqueda de procesos; pero la persona que desee utilizarlo y no posea una copia del mismo no podrá hacerlo; así que sería bueno tenerlo en una plataforma virtual para que sea más fácil de acceder y de libre consulta.

RECOMENDACIONES

Con más investigación se pueden definir e incluir más variables al proceso de mecanizado, tales como: impacto de la producción de la pieza en el medio ambiente, costo total de la pieza teniendo en cuenta las especificaciones de la misma, estudios de dureza de la pieza, entre otros.

Debido que se tiene una metodología definida, es posible incluir más procesos de producción para aumentar el campo de aplicación y no tenerlo limitado al proceso de mecanizado.

Se pueden mejorar las cartas teniendo la posibilidad de comparar tres variables al mismo tiempo, en castas actuales se utiliza un sistema de búsquedas con coordenadas (x,y), se podría mejorar teniendo cartas comparen tres o más variables (x,y,z).

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, H. R. (2010). *Tolerancias dimensionales*. Madrid.
- Amestoy, M. E. (2007). *Principios de mecanizado y planificación de procesos*. Cartagena.
- Ashby, M. (1999). *Material Selection in Design*. Butterworth .
- Ashby, M. F. (2009). *Materials and the environment : eco-informed material choice*. Amsterdam: Butterworth-Heinemann/Elsevier.
- Askeland, D. R. (2004). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. México: Thomson.
- Callister, W. D. (2000). *Materials science and engineering: an introduction*. New York: John Wiley and Sons.
- Feirer, J. L. (2000). *Maquinado de metales con máquinas herramientas*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.
- González, H. A., & Mesa, D. H. (2004). La importancia del método en la selección de materiales. *Scientia et Technica*, 6.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson Educación.
- Lovatt, A., & Schercliff, H. (1998). Manufacturing process selection in engineering design. Part 1: the role of process selection. *Materials & Design*, 11.
- Mott, R. L. (2009). *Resistencia de materiales*. Mexico: Pearson Education.
- Shackelford, J. F. (2005). *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. Madrid: Pearson .

Smith, W. F. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. México: McGraw Hill Interamericana Editores.

Wojcik, J., Mejía, E. R., & Gómez, A. A. (2007). Relación entre la estructura en estado recocido del acero grado construcción y las propiedades mecánicas después de un tratamiento térmico final. *Virtual Pro*, 7.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE
http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bolet_eam_2010.pdf

<http://spanish.alibaba.com/product-free/flat-head-full-hex-rivet-nut-fastener-hex-rivet-nut-109464365.html>

<http://www.bralo.com/es/productos/tuercas-remachables/tuerca-hexagonal>

Herramientas de corte. <http://www.herramientas-decorte.com/>

Imágenes consultadas:

<http://www.inventosydescubrimientos.info/2012/03/maquina-herramienta.html>,

<http://www.dodge->

tech.com.ar/vb/showthread.php?t=28685,<http://joseplasticocaucho->

[josete.blogspot.com/2011/02/descripcion-del-torneo-en-una-pieza-](http://joseplasticocaucho-josete.blogspot.com/2011/02/descripcion-del-torneo-en-una-pieza-de.html)

[de.html](http://tecno5to.bligoo.cl/?page=4),<http://tecno5to.bligoo.cl/?page=4>,

http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/Temario2_VIII.html,

<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/disco-abrasivo-79950.html>

ANEXOS

Anexo 1

Formato de encuesta para las empresas metalmecánicas

ENCUESTA PARA LAS EMPRESAS METALMECÁNICAS: DECISIONES DE PROCESO DE DISEÑO, MANUFACTURA DEL SECTOR METALMECÁNICO COLOMBIANO

Personas responsable de la encuesta por parte de la Universidad:

Ing. Mg José Divitt Velosa

Docente - Facultad de Ingeniería
Universidad EAN
Cra. 11 No. 78-47
Teléfono: (571) 593-6160 ext. 150
jvelosa@ean.edu.co
cel 3114515956

Datos Iniciales:

Nombre del encuestador: _____

Fecha de la encuesta: _____

- El área objetivo de la encuesta es el **proceso de mecanizado y desprendimiento de material de empresas PyMEs.**
- La persona que responda la encuesta ha de ser **la encargada del área de manufactura** o con amplios conocimientos del proceso desarrollado
- La encuesta está dividida en dos partes relacionadas que son el proceso de Diseño y el Proceso de Manufactura

Esta encuesta es para Uso Único y exclusivo de los Investigadores de la Universidad EAN, tiene como fin establecer las bases para el análisis de la capacidad tecnológica de las empresas PyMes del sector metalmeccánico, la información aquí contenida es estrictamente con fines investigativos y se guardara la confidencialidad de las fuentes. Si la empresa considera tener una copia se entregara una fotocopia de la misma.

INFORMACIÓN EMPRESARIAL

Fecha de Realización _____
 Empresa _____ Dirección _____
 NIT _____ Dirección _____
 Teléfono _____ e-mail _____
 Nombre Empresario _____ Cargo _____
 Principales productos: 1 _____ 2 _____

EMPRESA

1. **Cuáles de las siguientes Prioridades Competitivas tiene en cuenta su empresa?** (Enumere de mayor a menor)

- Costos
 Calidad
 Entregas
 Flexibilidad
 Servicio
 Innovación
 Responsabilidad (cumplimiento)

DISEÑO

2. **¿Cuáles son las fuentes del diseño de productos para la empresa?** (Enumere mayor a menor 1, 2, 3,..., dependiendo de la ocurrencia.)

No	FUENTE U ORIGEN DEL DISEÑO	Tiempo Promedio En Desarrollar Este Tipo De Producto (meses)
	Diseño de Producto – cliente con planos	
	Desarrollo de producto – rediseño interno	
	Diseño de moldes, troqueles, herramientas	
	Concepto de Producto –desde Requerimiento	
	Pieza física - cliente	
	Nuevas ideas – oportunidad identificada	

Otro, ¿Cuál? _____

3. **¿El Procedimiento para Diseñar los Productos de su Empresa es?:** (Coloque una sola X)

- Toma de requerimientos, Diagramación, consulta con manufactura, costeo, revisión con el cliente.
 Reunión de responsables y entrega de propuesta a cliente.
 Diseño, fabricación de prototipo, prueba y aprobación del cliente.
 Requerimientos, consulta de bases de datos, diseño, a fabricación
 No existe un procedimiento definido.

4. **¿Qué datos técnicos metalmeccánicos conoce y cuáles involucra en el diseño de los productos que desarrolla?**(coloque una o varias X)

ASPECTO DEL DISEÑO	Conoce	Involucra
Dimensiones máximas de manufactura posibles alcanzadas en la empresa		
Tolerancias Geométricas y dimensionales		
Acabado superficial, recubrimiento superficial y rugosidad		
Ajustes dimensionales por tratamiento térmico		
Ajustes dimensionales de proceso – fundición, soldadura		
Información de ensamble y montaje - uso		
Referencias de productos y accesorios – para ensamble		
Ajustes por rectificado y tratamiento térmico		
Embalaje, transporte y montaje		
Características del material de la pieza para manufactura		

5. **El Diseño de los Productos de la empresa lo realizan?:** (coloque una o varias X)

- No existe una persona claramente definida
 El encargado del departamento con experiencia
 Equipos tecnológicamente idóneos de la empresa
 Personal con Utilización de planos, plantilla y normas específicas
 Personal con conocimiento y Utilización de Software especializados

6. **¿Cómo evalúan el diseño y su posibilidad de manufacturar?** (Seleccione una sola con X..)

- Experiencia del encargado de diseño
 Cálculos de variables importantes como carga, resistencia, etc
 Modelo de prueba o prototipo, forma y materiales finales
 Aceptación del cliente, prueba en sitio de uso
 No se hacen pruebas de diseño claramente definidas

MANUFACTURA

7. **Nivel de precisión alcanzado con las máquinas que cuenta la empresa actualmente es de:** (seleccione con una sola x)

- Decimas de milímetros entre .5mm y .1 mm
 Centésimas de milímetro entre 0.1 y 0.05 mm
 Centésimas de milímetro entre 0.05 y 0,01 mm
 Milésimas de milímetro entre 0,01 y 0,005 mm (10-5 micras)
 Milésimas de milímetro menos de 0,005 mm (5 micras)

8. ¿Los procesos mecanizado son evaluados por?: (selecciones con una o varias X)

- Una empresa certificadora o departamento interno - continuamente
- Una comisión directiva – grupo de áreas de la empresa - raramente
- Área de diseño y manufactura conjuntamente
- El cliente – pieza de muestra
- No existe un área claramente identificada.

9. ¿Para la planeación de las operaciones en el mecanizado, la empresa tiene en cuenta?: (seleccione con una o varias X)

- Experiencia del operario e histórico de piezas similares
- Parámetros de corte como avance y profundidad
- Análisis de métodos y movimientos
- Tiempos de entrega y organización con otras operaciones
- Disponibilidad de operarios y máquinas
- Tecnología de grupos (forma o tamaño)

10. ¿Cuáles son Las fuentes de los datos que utilizan para el proceso de mecanizado? (velocidad avance profundidad, cantidad y tipo de refrigerante) (seleccione una o varias con x)

- Experiencia del operario
- Experimentales documentadas por la empresa
- Participación de trabajadores
- Vínculos con Universidad o sector metalmecánico
- Datos de manual de máquina

Anexo 2


Tabulación de las encuestas

Pregunta	Enunciado de la pregunta	INDICADOR	Valor mínimo	Valor Máximo	Método de calificación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	EI	EE
1	¿Cuál de los siguientes Prioridades Competitivas tiene en cuenta su empresa?	Prioridad competitiva	1	7															
2	¿Cuál es la fuente del diseño de productos para la empresa?	Fuente de entrada del Diseño	1	5	SUMATORIA 1. Muy Baja 2. Baja 3. Media 4. Alta 5. Muy alta	5	2	4	3	4	5	5	5	5	2	4	3	1	5
3	El Procedimiento para Diseñar los Productos de su Empresa es?	Procedimiento para la realización del diseño	1	5	Calaje una sola X CALIFICACIÓN 3___Tamaño de requerimiento, Diagramación, consulta con manufactura, cartada, revisión con el cliente. CALIFICACIÓN 2___Reunión de responsable y entrega de presupuesto al cliente. CALIFICACIÓN 5___Diseño, fabricación de prototipo, prueba y aprobación del cliente. CALIFICACIÓN 4___Requerimiento, consulta de base de datos, diseño, a	3	2	2	3	5	2	1	1	2	1	3	3	1	5
4	¿Qué datos técnicos metal mecánicos conoce y cuál involucra en el diseño del producto que desarrolla? (calaje una X)	Conocimiento involucrado en el diseño	1	5	(calaje una a varias) de 3-4: calificación 2 de 5-6: calificación 3 de 7-8: calificación 4 de 9-10: calificación 5	4	1	5	3	5	5	1	4	4	1	7	3	1	5
5	El Diseño de los Productos de la empresa se realizan mediante:	Confirmación de grupo de trabajo	1	5	calificación: 2___El encargado del departamento con experiencia calificación: 3___Equipar teóricamente idóneo de la empresa calificación: 4___Utilización de planar plantilla o especificar calificación: 5___Utilización de software especializado	3	2	4	4	2	2	2	4	5	1	4	2	1	5
6	¿Cómo evalúa el diseño y su posibilidad de manufacturar?	meccionamiento de evaluación	1	5	Calificación: 5___Circular de variables importantes como carga, resistencia, etc Calificación: 4___Medida de prueba a prototipo, forma y material final Calificación: 3___Aceptación del cliente, prueba en sitio de uso	3	5	4	1	2	3	1	2	3	1	2	2	1	5
7	Nivel de precisión alcanzada con las máquinas que cuenta la empresa actualmente es de?	Entender de producción	1	5	Calaje una sola X 1___Decimar de milímetro entre .5mm y .1mm 2___Centímetro de milímetro entre 0.1 y 0.05 mm 3___Centímetro de milímetro entre 0.05 y 0.01 mm 4___Milímetro de milímetro entre 0.01 y 0.005 mm (10-5 micras) 5___Milímetro de milímetro menor de 0.005 mm (5 micras)	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	3	2	1	5
8	¿Las pruebas mecanizadas se evalúan por?	Responsable de las procedimientos	1	5	5___Una empresa certificadora o departamento interno - continuo 4___Una comisión directiva - grupo de área de la empresa - raramente 3___Área de diseño y manufactura conjuntamente 2___El cliente - pieza de muestra 1___No existe un área claramente identificada.	4	4	2	2	3	2	2	2	3	3	4	1	1	5
9	¿Para la planeación de las operaciones en la mecanizada, la empresa tiene en cuenta:	medios de planeación	1	5	(calaje una a varias) con 6 criterios - 5	4	5	4	2	3	2	1	3	1	3	3	1	1	5
10	¿Cuál es la fuente de los datos que utilizan para el proceso de mecanizado?	Fuente de información disponible	1	5	SUMATORIA: (calaje una a varias)	3	3	3	1	3	1	1	1	3	2	2	2	1	5

Anexo 3

Vista del aplicativo

Hoja 1



UNIVERSIDAD
EAN

SELECCIÓN DE PROCESOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD EAN

Jessica Matta Poveda
Ingeniería de Producción

El presente aplicativo tiene como fin servir de guía para la óptima selección de procesos de mecanizado, teniendo en cuenta las variables más relativas al momento de tomar decisiones respecto al proceso ideal

1. Selección del Material

A continuación se muestra una lista de ocho materiales, seleccionar el material que desea mecanizar:

Seleccione un Material...

Material de la herramienta:

Seleccione un Material...

3. Ponderación de Variables

Dependiendo de la importancia de las relaciones, dar un valor en (%) la relación que usted considere más importante, calificar de 1 a 100, siendo 100 el valor más relevante

- a. Acabado superficial (Tolerancia - Rugosidad)
- b. Dureza (Materiales de la pieza y herramienta)
- c. Especificación de la pieza (Tamaño - Forma)

La sumatoria de los tres valores debe ser igual a 100.

2. Delimitación de Variables

Para conocer de forma más exacta las características del proceso indicado, se deben seleccionar Datos en las siguientes variables:

Tamaño	Forma	Tolerancia	Rugosidad
<i>Seleccione un Tamaño...</i>	<i>Seleccione una Forma...</i>	<i>Seleccione un Valor...</i>	<i>Seleccione un Valor...</i>

Verifique los Mensajes de Validación de Datos; una vez haya Seleccionado todas las opciones, ACTUALICE y posteriormente GENERE RESULTADOS

VALIDAR DATOS

ACTUALIZAR

GENERAR RESULTADOS

FALTAN DATOS AL ACABADO SUPERFICIAL

FALTAN DATOS DE DUREZA

FALTAN DATOS DE LA PIEZA

RESULTADOS DEL ANALISIS

PROCESO IDEAL

PROCESO VIABLE

PROCESO OPCIONAL

Torneado

Taladrado

Fresado

Cepillado

Rectificado

Brochado

Aserrado

LIMPIAR

Tabla No. 1. Acabado superficial

Tolerancia

1.25					Ravada	Ravada	Ravada	Ravada
1.8			Tavada	Tavada	Tavada	Tavada	Ravada	Ravada
2.5			Tavada	Tavada	Tavada	Tavada	Ravada	Ravada
3.1			Tavada	Tavada	Taladrada	Taladrada	Cepillada	
3.85	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	Taladrada	Taladrada	Cepillada	
4.84	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada	Taladrada	Taladrada		
	0.2 [µm]	0.4 [µm]	0.8 [µm]	1.6 [µm]	3.2 [µm]	6.3 [µm]	12.5 [µm]	25 [µm]

Exactitud

Tabla No. 2. Propiedades del material y la máquina herramienta

Materiales metales

Acero Alzado		Tavada	Tavada	Tavada	Realizada	Realizada	Tavada	Tavada
Acero inoxidable	Taladrada	Taladrada	Tavada	Taladrada	Realizada		Tavada	Tavada
Acero carbonoso		Tavada	Tavada	Tavada	Realizada		Tavada	Tavada
Aluminosilicio de aluminio	Taladrada	Tavada	Tavada	Taladrada			Tavada	Tavada
Aluminosilicio de magnesio	Taladrada	Tavada	Tavada	Taladrada			Tavada	Tavada
Aluminosilicio de cobre	Taladrada	Tavada	Tavada	Taladrada			Tavada	Tavada
Niños fundidos	Taladrada	Tavada	Tavada	Taladrada	Realizada		Tavada	Tavada
Cobres		Ravada		Ravada				
Acero carbonoso	al	Acero de alta	Aluminosilicio	Carbonos	Oxido	de	Niños	de
	acabada	acabada	Fundidos		aluminio	carbonos	de	Carbonos
							Cerámicos	Diamante

Materiales no metálicos




Tabla No. 3. Costos

Tamaño (mm)




8	Drasada	Cepillada	Cepillada
	Drasada	Drasada	Drasada
2	Cilindrica	Drasada	Drasada
	Drasada	Drasada	Drasada
1	Tavada	Realizada	Realizada
	Tavada	Ravada	Ravada
0.5	Tavada	Favada	Favada
	Favada	Favada	Favada
	Cilindrica	Plano	Diamante


Forma

Hoja 3

TORNEADO		TALADRADO		FRESADO																																			
	La pieza que se va a maquinarse gira y la herramienta de corte avanza contra ella.		Consiste en hacer un agujero redondo por medio de una broca giratoria, en relación con el proceso: Mandrilado y Escariado		Se machuca la pieza perfilada de un material en un eje horizontal, vertical o inclinada. Existen dos tipos de fresado: horizontal y vertical, el horizontal se produce en superficies maquinadas que requieren 6 de forma y el fresado vertical el cual implica el maquinado de una cara que se sujetó en Suelo realiza en el eje vertical																																		
Características de proceso		Características de proceso		Características de proceso																																			
Formas que maquina	Cilíndrica	Formas que maquina	Cilíndrica	Formas que maquina	Plano, Divorzo, Cilíndrica																																		
Tolerancia	0.008 - 1 (mm)	Tolerancia	0.02 - 0.1 (mm)	Tolerancia	0.13 - 0.25 (mm)																																		
Rugosidad	0.8 - 6.3 (µm)	Rugosidad	3.2 - 6.3 (µm)	Rugosidad	1.6 - 6.3 (µm)																																		
Máquina comúnmente utilizada	Tornos mecánicos Tornos digitales C.T. (CNC) Tornos de torreta C.T. (CNC) Tornos controlados por computadora C.T. (CNC)	Máquina comúnmente utilizada	Máquina latadora: Taladro con varilla modelo de banco Taladro modelo de piso C.T. (CNC) Taladro con palanca	Máquina comúnmente utilizada	Fresadora de columna; Horizontal, Vertical e Universal Fresadora de mesa; Horizontal, Vertical e Universal Fresadora tipo banco																																		
Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora	Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora	Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora																																		
Parámetros de salida		Parámetros de salida		Parámetros de salida																																			
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina																																			
Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero al carbono</td><td>75 - 400 m/min</td></tr> <tr><td>Acero al cromo</td><td>30 - 200 m/min</td></tr> <tr><td>Acero inoxidable</td><td>85 - 245 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>550 - 650 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de cobre</td><td>30 - 120 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>30 - 120 m/min</td></tr> </table>	Acero al carbono	75 - 400 m/min	Acero al cromo	30 - 200 m/min	Acero inoxidable	85 - 245 m/min	Aleaciones de aluminio	550 - 650 m/min	Aleaciones de cobre	30 - 120 m/min	Hierro fundido	30 - 120 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero inoxidable</td><td>10 - 20 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>30 - 120 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de cobre</td><td>15 - 60 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de magnesio</td><td>45 - 120 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>20 - 60 m/min</td></tr> </table>	Acero inoxidable	10 - 20 m/min	Aleaciones de aluminio	30 - 120 m/min	Aleaciones de cobre	15 - 60 m/min	Aleaciones de magnesio	45 - 120 m/min	Hierro fundido	20 - 60 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero al carbono</td><td>120 - 180 m/min</td></tr> <tr><td>Acero al cromo</td><td>30 - 210 m/min</td></tr> <tr><td>Acero inoxidable</td><td>120 - 370 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>510 - 580 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de cobre</td><td>300 - 750 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>120 - 750 m/min</td></tr> </table>	Acero al carbono	120 - 180 m/min	Acero al cromo	30 - 210 m/min	Acero inoxidable	120 - 370 m/min	Aleaciones de aluminio	510 - 580 m/min	Aleaciones de cobre	300 - 750 m/min	Hierro fundido	120 - 750 m/min
Acero al carbono	75 - 400 m/min																																						
Acero al cromo	30 - 200 m/min																																						
Acero inoxidable	85 - 245 m/min																																						
Aleaciones de aluminio	550 - 650 m/min																																						
Aleaciones de cobre	30 - 120 m/min																																						
Hierro fundido	30 - 120 m/min																																						
Acero inoxidable	10 - 20 m/min																																						
Aleaciones de aluminio	30 - 120 m/min																																						
Aleaciones de cobre	15 - 60 m/min																																						
Aleaciones de magnesio	45 - 120 m/min																																						
Hierro fundido	20 - 60 m/min																																						
Acero al carbono	120 - 180 m/min																																						
Acero al cromo	30 - 210 m/min																																						
Acero inoxidable	120 - 370 m/min																																						
Aleaciones de aluminio	510 - 580 m/min																																						
Aleaciones de cobre	300 - 750 m/min																																						
Hierro fundido	120 - 750 m/min																																						
Tiempo	Tiempo más crítico - Muy a baja a baja Tornos controlados por computadora - Bajo a medio Tornos de torreta (Revolver) - Bajo a medio Tornos controlados por computadora - Bajo a medio	Tiempo	Baja a media El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)	Tiempo	Baja a media El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)																																		
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N9	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N9	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N7 - N8																																		
Costo	Baja a media	Costo	Baja a media	Costo	Baja a media																																		
Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.																																			

Hoja 4

CEPILLADO		RECTIFICADO		BROCHADO																			
	La herramienta cortante, el cepillo de mesa, permanece en posición fija mientras que la pieza es movida hacia atrás y hacia adelante por debajo de ella, se relacionan el proceso de Ranurado		Se le da forma a una pieza poniéndola en contacto con una rueda abrasiva rotatoria, se relacionan los procesos de Lapidado o Bruñido		La operación consiste en hacer pasar la herramienta (Brocha), forzadamente por un orificio cilíndrico a por la superficie exterior de la pieza																		
Características de proceso		Características de proceso		Características de proceso																			
Formas que maquina	Plano, Diversos	Formas que maquina	Plano, Cilíndrica	Formas que maquina	Plano, Diverso, Cilíndrica																		
Tolerancia	0.05 - 0.13 (mm)	Tolerancia	0.002 - 0.005 (mm)	Tolerancia	0.025 - 0.15 (mm)																		
Rugosidad	3.2 - 12.5 (µm)	Rugosidad	0.20 - 1.6 (µm)	Rugosidad	1.6 - 3.2																		
Máquina comúnmente utilizada	Cepillo de todo Cepillo de mesa	Máquina comúnmente utilizada	Rectificadora cilíndrica sencilla del tipo de centros Máquina rectificadora universal Máquina rectificadora sin centros Máquina rectificadora de interiores Máquina rectificadora de superficies	Máquina comúnmente utilizada	Máquina Brochadora horizontal Máquina Brochadora vertical Brochadora de empuje Brochadora de tracción																		
Cantidades		Cantidades		Cantidades	Se pueden producir de 100 a 1000 partes por hora																		
Parámetros de salida		Parámetros de salida		Parámetros de salida																			
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta el tipo de rectificado		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina																			
Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero inoxidable</td><td>3 - 6 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>90 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de magnesio</td><td>90 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>3 - 6 m/min</td></tr> </table>	Acero inoxidable	3 - 6 m/min	Aleaciones de aluminio	90 m/min	Aleaciones de magnesio	90 m/min	Hierro fundido	3 - 6 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Rectificado convencional</td><td>20 - 30 m/min</td></tr> <tr><td>Alta velocidad</td><td>hasta 150 m/min</td></tr> </table>	Rectificado convencional	20 - 30 m/min	Alta velocidad	hasta 150 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero al cromo</td><td>15 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>15 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de magnesio</td><td>15 m/min</td></tr> </table>	Acero al cromo	15 m/min	Aleaciones de aluminio	15 m/min	Aleaciones de magnesio	15 m/min
Acero inoxidable	3 - 6 m/min																						
Aleaciones de aluminio	90 m/min																						
Aleaciones de magnesio	90 m/min																						
Hierro fundido	3 - 6 m/min																						
Rectificado convencional	20 - 30 m/min																						
Alta velocidad	hasta 150 m/min																						
Acero al cromo	15 m/min																						
Aleaciones de aluminio	15 m/min																						
Aleaciones de magnesio	15 m/min																						
Tiempo		Tiempo		Tiempo	Medio - alto. El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)																		
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N10	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N1 - N7	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N7 - N8																		
Costo	Medio - alto	Costo	Bajo - alto	Costo	Medio - alto																		
Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.																			

ASERRADO		Volver Inicio
	<p>En este proceso la herramienta de corte es una hoja con una serie de dientes pequeños; cada uno de estos dientes retira una pequeña cantidad de material.</p>	
<i>Características de proceso</i>		
Formas que maquinan	Plana, Diversas	
Tolerancia (mm)	0.25 – 1.25	
Rugosidad (µm)	3.2 – 25	
Máquinas comúnmente utilizadas	Varía en el tipo de sierra: Sierra de arco Sierras de arco motorizadas Sierras circulares ó sierras de disco Sierras de cintas	
Cantidades	Se pueden producir de 1 a 10 partes por hora	
<i>Parámetros de salida</i>		
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridos que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquinan		
Velocidad de corte	Aceros al carbono	120 -180 m/min
	Aceros aleados	30 - 60 m/min
	Aleaciones de bronce	70 - 274 m/min
	Aserrado por fricción	7600 m/min
	Cobre	457 m/min
Tiempo	Muy bajo a bajo El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)	
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N11	
Costo	Medio - alto	
<p><small>Nota: las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.</small></p>		

Anexo 4

Código fuente del aplicativo

Estructura de la Macro ACTUALIZACION:

```
Sub actualiza_datos()
```

```
,
```

```
' actualiza_datos Macro
```

```
' Actualiza la Información de nueva Consulta, para Visualizar Resultados
```

```
,
```

```
,
```

```
Range("D12:J13").Select
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=37
```

```
Rows("64:75").Select
```

```
Selection.EntireRow.Hidden = False
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=3
```

```
Range("D71:R74").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Range("D65").Select
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
:=False, Transpose:=False
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Clear
```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _  
    "R65:R68"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _  
    xlSortNormal
```

```
With ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort
```

```
    .SetRange Range("D65:R68")
```

```
    .Header = xlGuess
```

```
    .MatchCase = False
```

```
    .Orientation = xlTopToBottom
```

```
    .SortMethod = xlPinYin
```

```
    .Apply
```

```
End With
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-7
```

```
Range("H44").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[22]C[-4]"
```

```
Range("O44").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[23]C[-11]"
```

```
Range("R44").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[24]C[-14]"
```

```
Range("H44:R44").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
:=False, Transpose:=False  
Application.CutCopyMode = False  
ActiveWindow.SmallScroll Down:=7  
Rows("65:74").Select  
Selection.EntireRow.Hidden = True  
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9  
Range("H43:R43").Select  
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-11  
ActiveWorkbook.Save  
End Sub
```

Codigos de las macros

Los códigos de la Macro se presentan a continuación:

```
Sub actualiza_datos()  
,  
' actualiza_datos Macro  
' Actualiza la Información de nueva Consulta, para Visualizar Resultados  
,  
,  
  
Range("D12:J13").Select
```

```

ActiveWindow.SmallScroll Down:=37

Rows("64:75").Select

Selection.EntireRow.Hidden = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=3

Range("D71:R74").Select

Selection.Copy

Range("D65").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Clear

ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _
"R65:R68"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _
xlSortNormal

With ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort

.SetRange Range("D65:R68")

.Header = xlGuess

.MatchCase = False

.Orientation = xlTopToBottom

.SortMethod = xlPinYin

.Apply

```

```
End With

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-7

Range("H44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[22]C[-4]"

Range("O44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[23]C[-11]"

Range("R44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[24]C[-14]"

Range("H44:R44").Select

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=7

Rows("65:74").Select

Selection.EntireRow.Hidden = True

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9

Range("H43:R43").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-11

ActiveWorkbook.Save

End Sub
```

```

Sub procesar_informacion_entrada()
'
' procesar_informacion_entrada Macro
' Procesa los Datos de Entrada para Visualizar los Resultados.
'
'

Range("D12:J13").Select

ActiveWorkbook.Save

ActiveWindow.SmallScroll Down:=36

Rows("64:75").Select

Selection.EntireRow.Hidden = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=1

Range("H47").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-1

ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=IF(VLOOKUP(R66C8,Tabulac!C1:C11,RC[-
3],FALSE)=0,""",VLOOKUP(R66C8,Tabulac!C1:C11,RC[-3],FALSE))"

Range("H47").Select

Selection.Copy

Range("H49,H51,H53,H55,H57,H59").Select

Range("H59").Activate

```



```
ActiveSheet.Paste

Application.CutCopyMode = False

Range("O47").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

    "=IF(VLOOKUP(R67C8,Tabulac!C1:C11,RC[-
10],FALSE)=0,""",VLOOKUP(R67C8,Tabulac!C1:C11,RC[-10],FALSE))"

Range("O47").Select

Selection.Copy

Range("O49,O51,O53,O55,O57,O59").Select

Range("O59").Activate

ActiveSheet.Paste

Application.CutCopyMode = False

Range("O47").Select

ActiveWorkbook.Save

Range("R47").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

    "=IF(VLOOKUP(R68C8,Tabulac!C1:C11,RC[-
13],FALSE)=0,""",VLOOKUP(R68C8,Tabulac!C1:C11,RC[-13],FALSE))"

Range("R47").Select

Selection.Copy

Range("R49,R51,R53,R55,R57,R59").Select
```

```
Range("R59").Activate
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("C45:E45").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "con click Consulte el Proceso"
Range("C45:E45").Select
Selection.Copy
Application.CutCopyMode = False
Range("H47:R59").Select
ActiveWorkbook.Save
Selection.Copy
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
ActiveWindow.SmallScroll Down:=3
Rows("65:68").Select
Selection.EntireRow.Hidden = True
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-3
ActiveWindow.LargeScroll Down:=-1
ActiveWindow.SmallScroll Down:=24
Range("H43:R43").Select
```

ActiveWorkbook.Save

Range("C45:E45").Select

End Sub



ANEXOS

Anexo 1

Formato de encuesta para las empresas metalmecánicas

ENCUESTA PARA LAS EMPRESAS METALMECÁNICAS: DECISIONES DE PROCESO DE DISEÑO, MANUFACTURA DEL SECTOR METALMECÁNICO COLOMBIANO

Personas responsable de la encuesta por parte de la Universidad:

Ing. Mg José Divitt Velosa
Docente - Facultad de Ingeniería
Universidad EAN
Cra. 11 No. 78-47
Teléfono: (571) 593-6160 ext. 15o
jvelosa@ean.edu.co
cel 3114515956

Datos Iniciales:

Nombre del encuestador: _____

Fecha de la encuesta: _____

- El área objetivo de la encuesta es el proceso de mecanizado y desprendimiento de material de empresas PyMEs.
- La persona que responda la encuesta ha de ser la encargada del área de manufactura o con amplios conocimientos del proceso desarrollado
- La encuesta está dividida en dos partes relacionadas que son el proceso de Diseño y el Proceso de Manufactura



Esta encuesta es para Uso Único y exclusivo de los Investigadores de la Universidad EAN, tiene como fin establecer las bases para el análisis de la capacidad tecnológica de las empresas PyMes del sector metalmeccánico, la información aquí contenida es estrictamente con fines investigativos y se guardara la confidencialidad de las fuentes. Si la empresa considera tener una copia se entregara una fotocopia de la misma.

INFORMACIÓN EMPRESARIAL

Fecha de Realización _____
 Empresa _____ Dirección _____
 NIT _____ Dirección _____
 Teléfono _____ e-mail _____
 Nombre Empresario _____ Cargo _____
 Principales productos: 1 _____ 2 _____

EMPRESA

1. Cuáles de las siguientes Prioridades Competitivas tiene en cuenta su empresa? (Enumere de mayor a menor)
- ___ Costos
 - ___ Calidad
 - ___ Entregas
 - ___ Flexibilidad
 - ___ Servicio
 - ___ Innovación
 - ___ Responsabilidad (cumplimiento)

DISEÑO

2. ¿Cuáles son las fuentes del diseño de productos para la empresa? (Enumere mayor a menor 1, 2, 3,..., dependiendo de la ocurrencia.)

No	FUENTE U ORIGEN DEL DISEÑO	Tiempo Promedio En Desarrollar Este Tipo De Producto (meses)
	Diseño de Producto – cliente con planos	
	Desarrollo de producto – rediseño interno	
	Diseño de moldes, troqueles, herramientas	
	Concepto de Producto –desde Requerimiento	
	Pieza física - cliente	
	Nuevas ideas – oportunidad identificada	

Otro, ¿Cuál? _____

3. ¿El Procedimiento para Diseñar los Productos de su Empresa es?: (Coloque una sola X)
- ___ Toma de requerimientos, Diagramación, consulta con manufactura, costeador, revisión con el cliente.
 - ___ Reunión de responsables y entrega de propuesta a cliente.
 - ___ Diseño, fabricación de prototipo, prueba y aprobación del cliente.
 - ___ Requerimientos, consulta de bases de datos, diseño, a fabricación
 - ___ No existe un procedimiento definido.

4. ¿Qué datos técnicos metalmeccánicos conoce y cuáles involucra en el diseño de los productos que desarrolla?(coloque una o varias X)

ASPECTO DEL DISEÑO	Conoce	Involucra
Dimensiones máximas de manufactura posibles alcanzadas en la empresa		
Tolerancias Geométricos y dimensionales		
Acabado superficial, recubrimiento superficial y rugosidad		
Ajustes dimensionales por tratamiento térmico		
Ajustes dimensionales de proceso – fundición, soldadura		
Información de ensamble y montaje - uso		
Referencias de productos y accesorios – para ensamble		
Ajustes por rectificado y tratamiento térmico		
Embalaje, transporte y montaje		
Características del material de la pieza para manufactura		

5. El Diseño de los Productos de la empresa lo realizan?: (coloque una o varias X)
- ___ No existe una persona claramente definida
 - ___ El encargado del departamento con experiencia
 - ___ Equipos tecnológicamente idóneos de la empresa
 - ___ Personal con Utilización de planos, plantilla y normas específicas
 - ___ Personal con conocimiento y Utilización de Software especializados

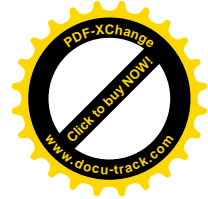
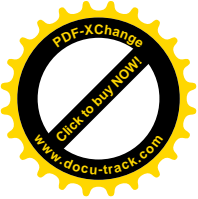
6. ¿Cómo evalúan el diseño y su posibilidad de manufacturar? (Seleccione una sola con X.)
- ___ Experiencia del encargado de diseño
 - ___ Cálculos de variables importantes como carga, resistencia, etc
 - ___ Modelo de prueba o prototipo, forma y materiales finales
 - ___ Aceptación del cliente, prueba en sitio de uso
 - ___ No se hacen pruebas de diseño claramente definidas

MANUFACTURA

7. Nivel de precisión alcanzado con las máquinas que cuenta la empresa actualmente es de: (seleccione con una sola x)
- ___ Decimas de milímetros entre .5mm y .1 mm
 - ___ Centésimas de milímetro entre 0.1 y 0.05 mm
 - ___ Centésimas de milímetro entre 0.05 y 0,01 mm
 - ___ Milésimas de milímetro entre 0,01 y 0,005 mm (10-5 micras)
 - ___ Milésimas de milímetro menos de 0,005 mm (5 micras)



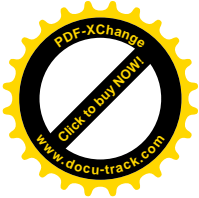
8. ¿Los procesos mecanizado son evaluados por?: (selecciones con una o varias X)
- Una empresa certificadora o departamento interno - continuamente
 - Una comisión directiva – grupo de áreas de la empresa - raramente
 - Área de diseño y manufactura conjuntamente
 - El cliente – pieza de muestra
 - No existe un área claramente identificada.
9. ¿Para la planeación de las operaciones en el mecanizado, la empresa tiene en cuenta?: (seleccione con una o varias X)
- Experiencia del operario e histórico de piezas similares
 - Parámetros de corte como avance y profundidad
 - Análisis de métodos y movimientos
 - Tiempos de entrega y organización con otras operaciones
 - Disponibilidad de operarios y máquinas
 - Tecnología de grupos (forma o tamaño)
10. ¿Cuáles son Las fuentes de los datos que utilizan para el proceso de mecanizado? (velocidad avance profundidad, cantidad y tipo de refrigerante) (seleccione una o varias con x)
- Experiencia del operario
 - Experimentales documentadas por la empresa
 - Participación de trabajadores
 - Vínculos con Universidad o sector metalmecánico
 - Datos de manual de máquina



Anexo 2

Tabulación de las encuestas


Pregunta	Enunciado de la pregunta	INDICADOR	Valor mínimo	Valor Máximo	Método de calificación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	EI	EE	
						32	27	30	22	29	25	17	25	28	16	32	19	9	45	
1	Cuál es el nivel de prioridad competitiva de su empresa?	Prioridad competitiva	1	7																
2	¿Cuál es la fuente de información de producción para la empresa?	Fuente de entrada del Diseño	1	5	SUMATORIA 1. Muy Baja 2. Baja 3. Media 4. Alta 5. Muy alta	5	2	4	3	4	5	5	5	5	2	4	3	1	5	
3	¿Cuál es el procedimiento para la realización del diseño?	Procedimiento para la realización del diseño	1	5	Califique una a 5: CALIFICACIÓN 3: Tema de requerimiento, Diagramación, consulta con manufactura, corteada, revisión con el cliente. CALIFICACIÓN 2: Reunión de responsable y entrega de propuesta a cliente. CALIFICACIÓN 5: Diseño, fabricación de prototipo, prueba y aprobación del cliente. CALIFICACIÓN 4: Requerimiento, consulta de base de datos, diseño, a	3	2	2	3	5	2	1	1	2	1	3	3	1	5	
4	¿Qué datos técnicos conoce y cuáles involucra en el diseño del producto que desarrolla? (Califique una X)	Conocimiento involucrado en el diseño	1	5	(califique una a varias x) de 3-4: calificación 2 de 5-6: calificación 3 de 7-8: calificación 4 de 9-10: calificación 5	4	1	5	3	5	5	1	4	4	1	7	3	1	5	
5	¿Cómo se realiza el diseño y su factibilidad de manufactura?	Confirmación de grupo de trabajo mecanización de evaluación	1	5	calificación: 2: El encargo del departamento con experiencia calificación: 3: Equipar te cualitativamente idéntico de la empresa calificación: 4: Utilización de planar plantilla o p-cificador calificación: 5: Utilización de software especializado Calificación: 2: Experiencia del encargado de diseño Calificación: 5: Circular de variables importantes como carga, resistencia, etc Calificación: 4: Modelo de prueba o prototipo, forma y material final Calificación: 3: Aceptación del cliente, prueba en sitio de una	3	2	4	4	2	2	2	4	5	1	4	2	1	5	
6	¿Cuál es el nivel de precisión alcanzado con la máquina que cuenta la empresa actualmente o de?	Entender de producción	1	5	Califique una a 5: 1. De cinco de milímetros entre .5mm y .1mm 2. Centímetro de milímetro entre 0.1 y 0.05 mm 3. Centímetro de milímetro entre 0.05 y 0.01 mm 4. Milímetro de milímetro entre 0.01 y 0.005 mm (10-5 micras) 5. Milímetro de milímetro menor de 0.005 mm (5 micras)	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	3	2	1	5	
7	¿Cuál es el proceso de mecanización evaluado por?	Responsable de la programación	1	5	5: Una empresa certificadora o departamento interno - mantenimiento 4: Una comisión directiva - grupo de área de la empresa - raramente 3: Área de diseño y manufactura conjuntamente 2: El cliente - pieza de muestra 1: No existe un área claramente identificada.	4	4	2	2	3	2	2	2	3	3	4	1	1	5	
8	¿Para la programación de la operación en el mecanizado, la empresa tiene en cuenta:	planificación	1	5	(califique una a varias x) con 6 criterios - 5	4	5	4	2	3	2	1	3	1	3	3	1	1	5	
9	¿Cuál es la fuente de información disponible para el proceso de mecanizado?	Fuente de información disponible	1	5	SUMATORIA: (califique una a varias x)	3	3	3	1	3	1	1	1	3	2	2	2	1	5	



Anexo 3

Vista del aplicativo

Hoja 1



**UNIVERSIDAD
EAN**

**SELECCIÓN DE PROCESOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD EAN**

Jessica Matta Poveda
Ingeniería de Producción

El presente aplicativo tiene como fin servir de guía para la óptima selección de procesos de mecanizado, teniendo en cuenta las variables más relativas al momento de tomar decisiones respecto al proceso ideal

1. Selección del Material

A continuación se muestra una lista de ocho materiales, seleccionar el material que desea mecanizar:

Selecione un Material...

Material de la herramienta:

Selecione un Material...

3. Ponderación de Variables

Dependiendo de la importancia de las relaciones, dar un valor en (%) la relación que usted considere más importante, calificar de 1 a 100, siendo 100 el valor más relevante

- a. Acabado superficial (Tolerancia - Rugosidad) 0
- b. Dureza (Materiales de la pieza y herramienta) 0
- c. Especificación de la pieza (Tamaño - Forma) 0

La sumatoria de los tres valores debe ser igual a 100.

2. Delimitación de Variables

Para conocer de forma más exacta las características del proceso indicado, se deben seleccionar Datos en las siguientes variables:

Tamaño	Forma	Tolerancia	Rugosidad
Selecione un Tamaño...	Selecione una Forma...	Selecione un Valor...	Selecione un Valor...

Verifique los Mensajes de Validación de Datos; una vez haya Seleccionado todas las opciones, ACTUALICE y posteriormente GENERE RESULTADOS

VALIDAR DATOS

ACTUALIZAR

GENERAR RESULTADOS

FALTAN DATOS AL ACABADO SUPERFICIAL

FALTAN DATOS DE DUREZA

FALTAN DATOS DE LA PIEZA

RESULTADOS DEL ANALISIS

PROCESO IDEAL

PROCESO VIABLE

PROCESO OPCIONAL

- Torneado
- Taladrado
- Fresado
- Cepillado
- Rectificado
- Brochado
- Aserrado

LIMPIAR



Hoja 2

Corte No. 1. Resaca superficial

Taladrado

1.25					Roscada	Roscada	Roscada	Roscada
1.8			Trocada	Trocada	Trocada Roscada	Trocada Roscada	Roscada	Roscada
2.5			Trocada	Trocada Fresada	Trocada Fresada Roscada	Trocada Fresada Roscada	Roscada	Roscada
3.1			Trocada	Trocada Fresada Roscada	Trocada Taladrado Fresada Cepillado Roscada	Trocada Taladrado Fresada Cepillado	Cepillado	
3.85	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada Roscada	Taladrado Roscada	Taladrado Cepillado	Cepillado	
4.84	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada Roscada	Taladrado Roscada	Taladrado		
	1.2 [µm]	1.4 [µm]	1.8 [µm]	1.5 [µm]	3.2 [µm]	5.3 [µm]	12.5 [µm]	25 [µm]

Resaca

Base No. 2. Propiedades del material y la máquina herramienta

Materiales base

Acero Alzado		Trocada Fresada Roscada	Trocada	Trocada Fresada Roscada	Realizada	Realizada	Trocada Fresada	Trocada Fresada
Acero inoxidable	Taladrado	Trocada Taladrado Fresada Cepillado	Trocada	Trocada Taladrado Fresada Cepillado	Realizada		Trocada Fresada	Trocada Fresada
Acero carbon		Trocada Fresada Roscada	Trocada	Trocada Fresada Roscada	Realizada		Trocada Fresada	Trocada Fresada
Aluminosilicio de aluminio	Taladrado	Trocada Taladrado Fresada Cepillado Roscada	Trocada	Trocada Taladrado Fresada Cepillado Roscada			Trocada Fresada	Trocada Fresada
Aluminosilicio de magnesio	Taladrado	Trocada Taladrado Cepillado Roscada	Trocada	Trocada Taladrado Cepillado Roscada			Trocada	Trocada
Aluminosilicio de cobre	Taladrado	Trocada Taladrado Fresada Cepillado Roscada	Trocada	Trocada Taladrado Fresada Cepillado Roscada			Trocada Fresada	Trocada Fresada
Hierro fundido	Taladrado	Trocada Taladrado Fresada Cepillado	Trocada	Trocada Taladrado Fresada Cepillado Realizada	Realizada		Trocada Fresada	Trocada Fresada
Coker		Roscada		Roscada				
	Acero carbon	Acero de alta aleación	Aluminosilicio fundido	Carbon	Oxido aluminio	de Hierro de carbon	Ceramica	Diamante

Materiales herramienta

Base No. 3. Corte

Tamaño (mm)

8	Roscada	Cepillado Roscada	Cepillado Roscada
2	Cilindrico Roscada Taladrado	Roscada	Roscada
1	Trocada	Realizada Roscada	Realizada Roscada
0.5	Trocada Fresada	Fresada	Fresada
	Cilindrico	Plano	Diamante

Forma

Hoja 3

TORNEADO		TALADRADO		FRESADO																																			
	La pieza que se va a maquinarse gira y la herramienta de corte avanza contra ella.		Consiste en hacer un agujero redondo por medio de una broca giratoria, en relación con el proceso: Mandrilado y Escariado		Se machuca la pieza poniéndola en contacto con una herramienta cortante giratoria. Existen dos tipos de fresado: horizontal y vertical, el horizontal se produce con un fresador machucado que regula el avance y el fresado vertical el cual impulsa el machucado de una mesa que se mueve en línea recta con el eje cortador																																		
Características de proceso		Características de proceso		Características de proceso																																			
Formas que maquina	Cilíndrica	Formas que maquina	Cilíndrica	Formas que maquina	Plana, Divorzo, Cilíndrica																																		
Tolerancia	0.008 - 1 (mm)	Tolerancia	0.02 - 0.1 (mm)	Tolerancia	0.13 - 0.25 (mm)																																		
Rugosidad	0.8 - 6.3 (µm)	Rugosidad	3.2 - 6.3 (µm)	Rugosidad	1.6 - 6.3 (µm)																																		
Máquina comúnmente utilizada	Tornos mecánicos Tornos digitales C-Turner Tornos de letrero C-Turner Tornos controlados por computadora C-almatías	Máquina comúnmente utilizada	Máquinas taladradoras: Taladradora sencilla modelo de banco Taladradora modelo de piso C de columna Taladradora sin pértiga	Máquina comúnmente utilizada	Fresadoras de columna; Horizontal, Vertical y Universal Fresadoras de mesa; Horizontal, Vertical y Universal Fresadoras tipo banco																																		
Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora	Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora	Cantidades	Se pueden producir de 1 a 100 partes por hora																																		
Parámetros de salida		Parámetros de salida		Parámetros de salida																																			
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina																																			
Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero al carbono</td><td>75 - 400 m/min</td></tr> <tr><td>Acero alado</td><td>30 - 200 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro inoxidable</td><td>85 - 245 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>550 - 600 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de cobre</td><td>30 - 120 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>30 - 120 m/min</td></tr> </table>	Acero al carbono	75 - 400 m/min	Acero alado	30 - 200 m/min	Hierro inoxidable	85 - 245 m/min	Aleaciones de aluminio	550 - 600 m/min	Aleaciones de cobre	30 - 120 m/min	Hierro fundido	30 - 120 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Hierro inoxidable</td><td>10 - 20 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>30 - 120 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de cobre</td><td>45 - 60 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de magnesio</td><td>45 - 120 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>20 - 60 m/min</td></tr> </table>	Hierro inoxidable	10 - 20 m/min	Aleaciones de aluminio	30 - 120 m/min	Aleaciones de cobre	45 - 60 m/min	Aleaciones de magnesio	45 - 120 m/min	Hierro fundido	20 - 60 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero alado</td><td>120 - 180 m/min</td></tr> <tr><td>Acero alado</td><td>30 - 210 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro inoxidable</td><td>120 - 370 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>510 - 580 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de cobre</td><td>300 - 750 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>120 - 750 m/min</td></tr> </table>	Acero alado	120 - 180 m/min	Acero alado	30 - 210 m/min	Hierro inoxidable	120 - 370 m/min	Aleaciones de aluminio	510 - 580 m/min	Aleaciones de cobre	300 - 750 m/min	Hierro fundido	120 - 750 m/min
Acero al carbono	75 - 400 m/min																																						
Acero alado	30 - 200 m/min																																						
Hierro inoxidable	85 - 245 m/min																																						
Aleaciones de aluminio	550 - 600 m/min																																						
Aleaciones de cobre	30 - 120 m/min																																						
Hierro fundido	30 - 120 m/min																																						
Hierro inoxidable	10 - 20 m/min																																						
Aleaciones de aluminio	30 - 120 m/min																																						
Aleaciones de cobre	45 - 60 m/min																																						
Aleaciones de magnesio	45 - 120 m/min																																						
Hierro fundido	20 - 60 m/min																																						
Acero alado	120 - 180 m/min																																						
Acero alado	30 - 210 m/min																																						
Hierro inoxidable	120 - 370 m/min																																						
Aleaciones de aluminio	510 - 580 m/min																																						
Aleaciones de cobre	300 - 750 m/min																																						
Hierro fundido	120 - 750 m/min																																						
Tiempo	Torno mecánico - Muy a baja o baja Torno digital - Bajo a medio Torno de tarrota (Revolver) - Bajo a medio Torno controlado por computadora - Bajo a medio	Tiempo	Baja a media El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)	Tiempo	Baja a media El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)																																		
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N3	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N3	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N7 - N3																																		
Costo	Baja a media	Costo	Baja a media	Costo	Baja a media																																		
Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.																																			

Hoja 4

CEPILLADO		RECTIFICADO		BROCHADO																			
	La herramienta cortante, el cepillo de mesa, permanece en posición fija mientras que la pieza es movida hacia atrás y hacia adelante por debajo de ella, se relaciona el proceso de Ranurado		Se le da forma a una pieza poniéndola en contacto con una rueda abrasiva rotatoria, se relaciona los procesos de Lapidado o Bruñido		La operación consiste en hacer pasar la herramienta (Brocha) forzadamente por un orificio cilíndrico a por la superficie exterior de la pieza																		
Características de proceso		Características de proceso		Características de proceso																			
Formas que maquina	Plana, Diversas	Formas que maquina	Plana, Cilíndrica	Formas que maquina	Plana, Diversa, Cilíndrica																		
Tolerancia	0.05 - 0.13 (mm)	Tolerancia	0.002 - 0.005 (mm)	Tolerancia	0.025 - 0.15 (mm)																		
Rugosidad	3.2 - 12.5 (µm)	Rugosidad	0.20 - 1.6 (µm)	Rugosidad	1.6 - 3.2																		
Máquina comúnmente utilizada	Cepillo de codo Cepillo de mesa	Máquina comúnmente utilizada	Rectificadora cilíndrica sencilla del tipo de centros Máquina rectificadora universal Máquina rectificadora sin centros Máquina rectificadora de interiores Máquina rectificadora de superficies	Máquina comúnmente utilizada	Máquina Brochadora horizontal Máquina Brochadora vertical Brochadora de empuje Brochadora de tracción																		
Cantidades		Cantidades		Cantidades	Se pueden producir de 100 a 1000 partes por hora																		
Parámetros de salida		Parámetros de salida		Parámetros de salida																			
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta el tipo de rectificado		Las siguientes son las velocidades de corte sugeridas que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquina																			
Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Acero inoxidable</td><td>3 - 6 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>90 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de magnesio</td><td>90 m/min</td></tr> <tr><td>Hierro fundido</td><td>3 - 6 m/min</td></tr> </table>	Acero inoxidable	3 - 6 m/min	Aleaciones de aluminio	90 m/min	Aleaciones de magnesio	90 m/min	Hierro fundido	3 - 6 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Rectificado convencional</td><td>20 - 30 m/min</td></tr> <tr><td>Alta velocidad</td><td>hasta 150 m/min</td></tr> </table>	Rectificado convencional	20 - 30 m/min	Alta velocidad	hasta 150 m/min	Velocidad de corte	<table border="1"> <tr><td>Aceros alados</td><td>15 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de aluminio</td><td>15 m/min</td></tr> <tr><td>Aleaciones de magnesio</td><td>15 m/min</td></tr> </table>	Aceros alados	15 m/min	Aleaciones de aluminio	15 m/min	Aleaciones de magnesio	15 m/min
Acero inoxidable	3 - 6 m/min																						
Aleaciones de aluminio	90 m/min																						
Aleaciones de magnesio	90 m/min																						
Hierro fundido	3 - 6 m/min																						
Rectificado convencional	20 - 30 m/min																						
Alta velocidad	hasta 150 m/min																						
Aceros alados	15 m/min																						
Aleaciones de aluminio	15 m/min																						
Aleaciones de magnesio	15 m/min																						
Tiempo		Tiempo		Tiempo	Medio - alto. El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)																		
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N10	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N1 - N7	Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N7 - N8																		
Costo	Medio - alto	Costo	Bajo - alto	Costo	Medio - alto																		
Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.		Nota: Las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora. Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). <i>Manufactura, ingeniería y tecnología</i> . México: Pearson Educación. Cuarta Edición.																			

Hoja 5

ASERRADO		Volver Inicio
	<p>En este proceso la herramienta de corte es una hoja con una serie de dientes pequeños; cada uno de estos dientes retira una pequeña cantidad de material.</p>	
<i>Características de proceso</i>		
Formas que maquinan	Plana, Diversas	
Tolerancia (mm)	0.25 – 1.25	
Rugosidad (µm)	3.2 – 25	
Máquinas comúnmente utilizadas	Varía en el tipo de sierra: Sierra de arco Sierras de arco motorizadas Sierras circulares ó sierras de disco Sierras de cintas	
Cantidades	Se pueden producir de 1 a 10 partes por hora	
<i>Parámetros de salida</i>		
Las siguientes son las velocidades de corte sugeridos que puede tomar el proceso teniendo en cuenta los materiales que maquinan		
Velocidad de corte	Aceros al carbono	120 -180 m/min
	Aceros aleados	30 - 60 m/min
	Aleaciones de bronce	70 - 274 m/min
	Aserrado por fricción	7600 m/min
	Cobre	457 m/min
Tiempo	Muy bajo a bajo El tiempo hace referencia a la velocidad normal de producción del proceso (Ver nota 1)	
Acabado superficial	Teniendo en cuenta los rangos de los valores de rugosidad superficial, en este proceso se puede obtener un acabado superficial de N8 - N11	
Costo	Medio - alto	
<p><small>Nota: las velocidades de producción indicadas son relativas. Muy baja: es alrededor de una o más partes por hora; Media: alrededor de 100 partes por hora; Muy alta: es 1000 o más partes por hora Fuente: Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación. Cuarta Edición.</small></p>		



Anexo 4

Código fuente del aplicativo

Estructura de la Macro ACTUALIZACION:

Sub actualiza_datos()

,

' actualiza_datos Macro

' Actualiza la Información de nueva Consulta, para Visualizar Resultados

,

,

Range("D12:J13").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=37

Rows("64:75").Select

Selection.EntireRow.Hidden = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=3

Range("D71:R74").Select

Selection.Copy

Range("D65").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Clear



```
ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _  
    "R65:R68"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _  
    xlSortNormal
```

```
With ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort
```

```
    .SetRange Range("D65:R68")
```

```
    .Header = xlGuess
```

```
    .MatchCase = False
```

```
    .Orientation = xlTopToBottom
```

```
    .SortMethod = xlPinYin
```

```
    .Apply
```

```
End With
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-7
```

```
Range("H44").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[22]C[-4]"
```

```
Range("O44").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[23]C[-11]"
```

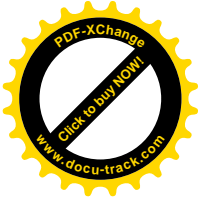
```
Range("R44").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[24]C[-14]"
```

```
Range("H44:R44").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```



:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=7

Rows("65:74").Select

Selection.EntireRow.Hidden = True

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9

Range("H43:R43").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-11

ActiveWorkbook.Save

End Sub

Codigos de las macros

Los códigos de la Macro se presentan a continuación:

Sub actualiza_datos()

,

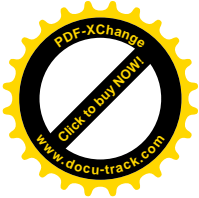
' actualiza_datos Macro

' Actualiza la Información de nueva Consulta, para Visualizar Resultados

,

,

Range("D12:J13").Select



ActiveWindow.SmallScroll Down:=37

Rows("64:75").Select

Selection.EntireRow.Hidden = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=3

Range("D71:R74").Select

Selection.Copy

Range("D65").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Clear

ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort.SortFields.Add Key:=Range(_

"R65:R68"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _

xlSortNormal

With ActiveWorkbook.Worksheets("Delimitación").Sort

.SetRange Range("D65:R68")

.Header = xlGuess

.MatchCase = False

.Orientation = xlTopToBottom

.SortMethod = xlPinYin

.Apply



```
End With

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-7

Range("H44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[22]C[-4]"

Range("O44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[23]C[-11]"

Range("R44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[24]C[-14]"

Range("H44:R44").Select

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=7

Rows("65:74").Select

Selection.EntireRow.Hidden = True

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9

Range("H43:R43").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-11

ActiveWorkbook.Save

End Sub
```



Sub procesar_informacion_entrada()

,

' procesar_informacion_entrada Macro

' Procesa los Datos de Entrada para Visualizar los Resultados.

,

,

Range("D12:J13").Select

ActiveWorkbook.Save

ActiveWindow.SmallScroll Down:=36

Rows("64:75").Select

Selection.EntireRow.Hidden = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=1

Range("H47").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-1

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

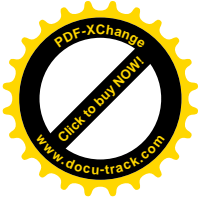
"=IF(VLOOKUP(R66C8,Tabulac!C1:C11,RC[-3],FALSE)=0,"","",VLOOKUP(R66C8,Tabulac!C1:C11,RC[-3],FALSE))"

Range("H47").Select

Selection.Copy

Range("H49,H51,H53,H55,H57,H59").Select

Range("H59").Activate



ActiveSheet.Paste

Application.CutCopyMode = False

Range("O47").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

"=IF(VLOOKUP(R67C8,Tabulac!C1:C11,RC[-10],FALSE)=0,"","",VLOOKUP(R67C8,Tabulac!C1:C11,RC[-10],FALSE))"

Range("O47").Select

Selection.Copy

Range("O49,O51,O53,O55,O57,O59").Select

Range("O59").Activate

ActiveSheet.Paste

Application.CutCopyMode = False

Range("O47").Select

ActiveWorkbook.Save

Range("R47").Select

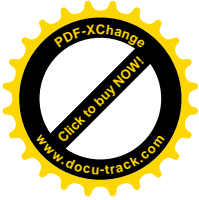
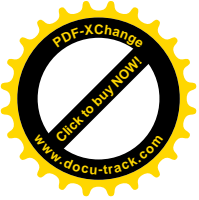
ActiveCell.FormulaR1C1 = _

"=IF(VLOOKUP(R68C8,Tabulac!C1:C11,RC[-13],FALSE)=0,"","",VLOOKUP(R68C8,Tabulac!C1:C11,RC[-13],FALSE))"

Range("R47").Select

Selection.Copy

Range("R49,R51,R53,R55,R57,R59").Select



Range("R59").Activate

ActiveSheet.Paste

Application.CutCopyMode = False

Range("C45:E45").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "con click Consulte el Proceso"

Range("C45:E45").Select

Selection.Copy

Application.CutCopyMode = False

Range("H47:R59").Select

ActiveWorkbook.Save

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

ActiveWindow.SmallScroll Down:=3

Rows("65:68").Select

Selection.EntireRow.Hidden = True

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-3

ActiveWindow.LargeScroll Down:=-1

ActiveWindow.SmallScroll Down:=24

Range("H43:R43").Select



ActiveWorkbook.Save

Range("C45:E45").Select

End Sub

LICENCIA DE USO – AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Jessica Paola Matta Poveda

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 1019043298

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

Diseño de una metadología para la selección de procesos utilizando
cartas y bases de datos.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: <u>Jessica Paola Motta Poveda</u>	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: <u>Jessica Motta</u>	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>1019043298</u>	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: <u>Ingeniería</u>	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Ingeniería de Producción</u>	PROGRAMA ACADÉMICO: _____

NOMBRE COMPLETO: _____	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____	PROGRAMA ACADÉMICO: _____

Fecha de firma: _____