



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA CNC, EN MODELADO DE PRODUCTOS DE GRABADO METÁLICO A PARTIR DE UN DISEÑO CAD”

**JIMÉNEZ MOREIRA DIEGO ARMANDO
ALMEIDA ZAMBRANO BYRON ROLANDO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-11-13

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JIMÉNEZ MOREIRA DIEGO ARMANDO
ALMEIDA ZAMBRANO BYRON ROLANDO

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA CNC,
EN MODELADO DE PRODUCTOS DE GRABADO METÁLICO A PARTIR DE
UN DISEÑO CAD”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Guamán Mendoza
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Villota Moscoso
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JIMÉNEZ MOREIRA DIEGO ARMANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA CNC, EN MODELADO DE PRODUCTOS DE GRABADO METÁLICO A PARTIR DE UN DISEÑO CAD”

Fecha de Examinación: 2015-12-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Eduardo Villota Moscoso ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALMEIDA ZAMBRANO BYRON ROLANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA CNC, EN MODELADO DE PRODUCTOS DE GRABADO METÁLICO A PARTIR DE UN DISEÑO CAD”

Fecha de Examinación: 2015-12-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Eduardo Villota Moscoso ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Jiménez Moreira Diego Armando

Almeida Zambrano Byron Rolando

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la sabiduría y fortaleza en momentos difíciles y permitirme llegar a cumplir esta tan ansiada meta profesional.

A mis padres por ser el pilar fundamental día a día, ya que me han inculcado valores el cual me han ayudado a salir adelante en mi vida estudiantil

A mi familia en general y a las personas que estuvieron brindándome su apoyo incondicional compartiendo los buenos y malos momentos a lo largo de ese trayecto de vida.

Diego Jiménez Moreira

Dedico este logro alcanzado primeramente a Dios por haberme dado la fortaleza y perseverancia de culminar uno de mis objetivos principales en esta querida institución.

A mi Madre que con su esfuerzo sacrificio y trabajo nunca me ha abandonado en los momentos más difíciles, a mi Padre por su apoyo incondicional y consejos.

A mis hermanas y hermano que nunca me quisieron ver desfallecer que en el instante que estuve a punto de votar la toalla estuvieron allí para brindarme sus manos y levantarme.

A mis amigos y compañeros que de una forma u otra formaron parte de mi vida.

Byron Almeida Zambrano

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Eduardo Villota, por brindarme su amistad y asesoramiento de la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento

Jiménez Moreira Diego Armando.

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Eduardo Villota, por brindarme su amistad y asesoramiento de la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento

Almeida Zambrano Byron Rolando.

CONTENIDO

Pag.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos:.....	3

2. MARCO TEÓRICO.

2.1	Diseño asistido por computadora “CAD”.....	4
2.2	Beneficios del CAD.....	5
2.3	Estructura de un diseño CAD.....	5
2.4	Campos de aplicación de CAD.....	6
2.5	Manufactura asistida por computadora.....	6
2.6	Beneficios de CAM.....	6
2.7	Historia del control numérico.....	6
2.8	Control numérico por computadora.....	8
2.9	Diferencias entre una máquina convencional y una máquina con CNC.....	9
2.10	Ventajas del CNC.....	9
2.11	Desventajas del CNC.....	9
2.12	Aplicaciones del CNC.....	10
2.13	Proceso de grabado con CNC.....	10
2.14	Estructura de un programa CNC.....	11
2.15	Códigos estándares.....	12
2.16	Código ISO 6983.....	12
2.16.1.	Parte de la estructura del programa de la máquina BRIDGEPORT VMC 800-22 12	
2.16.1.	Funciones generales de movimientos o preparatorias.....	16

3. ESTUDIO DE MERCADO.

3.1	Mercado	22
3.2	Objetivos de mercado	22
3.3	Etapas de un estudio de mercado	23
3.3.1	Definición del problema.	23
3.3.2	Identificación de las fuentes de información.	23
3.3.3	Diseño de la muestra.	23
3.3.4	Modelo de encuesta	23
3.3.5	Tabulación de datos.	25
3.3.6	Análisis e interpretación de resultados	27
3.4	Situación actual de los talleres de grabado	31
3.5	Demanda	33
3.5.1	Análisis de la demanda.	33
3.5.2	Proyección de demanda.	34
3.5.3	Resultado demanda proyectada	35
3.6	Oferta	35
3.6.1	Análisis de la oferta.	35
3.6.2	Proyección de oferta.	36
3.6.3	Resultado de la oferta proyectada.....	36
3.7	Demanda insatisfecha	37
3.8	Análisis de la demanda insatisfecha	38
3.9	Innovación en el proceso de grabado artístico en placas.	38
3.10	El producto.....	39

**4. IMPLEMENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA
TECNOLOGÍA CNC, EN MODELADO DE PRODUCTOS DE
GRABADO METÁLICO A PARTIR DE UN DISEÑO CAD.**

4.1	Modelación del proceso de fabricación	40
4.1.1	Selección del software para la modelación y obtención de códigos G y M. ...	40
4.1.2	Diseño asistido por computador.	42
4.1.3	máquina CNC.	51

**5. PROGRAMACION CNC, SIMULACION DEL MECANIZADO Y
ELABORACION DE GRABADO METÁLICO.**

5.1	Selección de la máquina.	57
5.2	Configuración del equipo a utilizar	59
5.3	Librería de herramientas y condiciones de corte	59
5.3.1	Herramientas de fresado.	59
5.3.2	Orden de herramienta.....	60
5.3.3	Herramientas de modelación.	61
5.3.4	Fusión.....	63
5.3.5	Simulación.	64
5.4	Parámetros de selección de la velocidad de la herramienta.....	69
5.5	Configuración de parámetros de la fresa	74
5.5.1	Velocidad de corte (Vc).....	74
5.5.2	Velocidad de giro de la fresa (Vgf).	75
5.5.3	Avance de la fresa y profundidad de corte.	76
5.6	Simulación	79
5.7	Mecánizado.....	81
6.	COSTOS.	
6.1	Costos directos.....	90
6.2	Costos indirectos.....	90
6.3	Costos totales.	90
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
7.1	Conclusiones.....	91
7.2	Recomendaciones	91

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
1. Proceso clásico de diseño CAD	4
2. Esquema general de un sistema CAD	5
3. La primera máquina CNC, financiada por la Fuerza Aérea Norteamericana	7
4. La máquina fresadora CNC Milwaukee-Matic-II.....	7
5. Milwaukee-Matic de Kearney & Trecker.....	8
6. Interpretación de resultados primera pregunta.....	27
7. Interpretación de resultados segunda pregunta	27
8. Interpretación de resultados tercera pregunta	28
9. Interpretación de resultados cuarta pregunta	28
10. Interpretación de resultados quinta pregunta	29
11. Interpretación de resultados sexta pregunta	29
12. Interpretación de resultados séptima pregunta.....	30
13. Interpretación de resultados octava pregunta.....	30
14. Plancha de cobre	31
15. Plancha de aluminio.....	31
16. Plancha de acero	31
17. Plancha de vidrio	32
18. Plancha de madera	32
19. Máquina a láser.....	32
20. Máquina mecánica	33
21. Pantógrafos	33
14. Demanda proyectada.....	35
23. Oferta proyectada.....	36
24. Demanda y oferta.....	37
25. Bobcad-cam	40
26. Plano de trabajo	42
27. Capas.....	43
28. Capas para las diferentes acciones.....	43
29. Rectángulo	44
30. Dimensiones del material a trabajar.....	44
31. Texto	45
32. Parámetros de configuración del texto.....	45
33. Diseño de la placa con nombres	46
34. Dimensiones.....	46
35. Ajuste de parte	47
36. Cotas de los elementos interiores.....	47
37. Administrador BobaArt	48
38. Logo	48
39. Insertar logo de la ESPOCH	49

40.	Parámetros de vectorizar.....	49
41.	Logo vectorizado	50
42.	Filete	50
43.	Diseño Final.....	51
44.	CNC	53
45.	Control CNC.....	55
46.	Definir procesador	57
47.	Lista de post-procesadores.....	57
48.	Ventana para descarga del procesador.....	58
49.	Parámetros de máquinas	58
50.	Herramientas Bobcad-cam.....	59
51.	Herramientas	60
52.	Orden de mecanizado.....	60
53.	Administrador BobArt	61
54.	Selección de imagen	61
55.	Menú de imagen.....	62
56.	Administrador CAM.....	62
57.	Imagen en vector.....	62
57.	Logo ESPOCH.....	63
59.	Logo Industrial.....	63
60.	Logos en el plano de trabajo	64
61.	Diseño final.....	64
62.	Definición del material	65
63.	Material base.....	65
64.	Selección de ejes.....	66
65.	Función	66
66.	Geometría.....	67
67.	Función grabado	67
68.	Profundidad a mecanizar	68
69.	Herramienta	68
70.	Profundidad total.....	69
71.	Desbaste	70
72.	Calculo del trazo	70
73.	Categoría de herramienta	71
74.	Herramientas de desbaste.....	71
75.	Herramienta V.....	72
76.	CAM	72
77.	Módulos	73
78.	Simulación	74
79.	Selección de velocidad de corte.....	75
80.	Valores calculados	78
81.	Valores del sistema	78
82.	Simulación 3D	79
83.	Movimientos de simulación.....	80

84.	Reporte de errores	80
85.	Abrir archivo	81
86.	Identificación de cambio de herramienta	81
87.	Configuración Brigport	82
88.	Configuración DNC máquina	82
89.	Códigos iniciales	83
90.	Códigos editados	83

LISTA DE TABLAS

Pag.

1.	Diferencia entre una máquina convencional y una máquina con CNC	9
2.	Formato de dirección	13
3.	Rango de direcciones	15
4.	Estructura de un bloque de programación CNC	15
5.	Lista de códigos de movimiento	16
6.	Lista de códigos de movimientos continuos	17
7.	Encender y restablecer el estado de los códigos G	18
8.	Recopilación de datos primera pregunta.....	25
9.	Recopilación de datos segunda pregunta	25
10.	Recopilación de datos tercera pregunta	25
11.	Recopilación de datos cuarta pregunta	26
12.	Recopilación de datos quinta pregunta	26
13.	Recopilación de datos sexta pregunta	26
14.	Recopilación de datos séptima pregunta.....	26
15.	Recopilación de datos octava pregunta.....	27
16.	Demanda proyectada.....	35
17.	Oferta proyectada.....	36
18.	Demanda insatisfecha	37
19.	Avance por diente recomendado.....	77
20.	Avance por diente recomendado.....	77
21.	Costos directos	90
22.	Costos indirectos.....	90
23.	Costos totales	90

SIMBOLOGIA

VF	valor futuro
VP	valor presente
i	tasa de crecimiento de producción
n	número de años
DI	demanda insatisfecha
OP	oferta proyectada
DP	demanda proyectada
Vc	velocidad de corte
Vgf	velocidad de giro de la fresa
D	diámetro de fresa
N	numero de dientes
CPT	viruta o avance por diente

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Computer Aided Desing-Diseño Asistido Por Computadora
CAM	Computer Aided Manufacturing- Manufactura Asistida Por Computadora
NC	Numeral Control- Control Numerico
CNC	Computer Numeral Control- Control Numerico Computalizado
CR	Retorno De Carrera
LF	Avance De Linea
DNC	Direct Numeral Control- Control Numerico Directo

LISTA DE ANEXOS

- A** Códigos sello ESPOCH
- B** Códigos fecha y agradecimiento
- C** Códigos de marco
- D** Códigos de nombres
- E** Códigos Sellos

RESUMEN

En el presente trabajo se efectúa un compendio de conceptos básicos de tecnologías CNC, se enuncia el alcance y campo de aplicación, así como las ventajas de las tecnologías convencionales.

Se desarrolla el proceso de modelado (CAD) de un prototipo de grabado metálico en una placa de aluminio anodizado en el software BobCAD-CAM analizado y seleccionado bajo criterios técnicos, se diseña en el ordenador (CAM) tomando en cuenta todos los parámetros técnicos de mecanizado para una eficiente obtención del producto. Se realiza el proceso de fresado de control numérico (CNC) a partir de una placa de aluminio, en la que se detalla la secuencia de paso, así como el manejo adecuado de la máquina Bridgeport VCM 800-22.

El grado metálico se toma como modelo para demostrar la versatilidad del mecanizado de las máquinas de control numérico en la fabricación de elementos o piezas mecánicas. Estas tecnologías son herramientas que permiten mejorar los procesos de producción en las diferentes empresas dentro del campo industrial, además actualiza la educación superior con nuevos métodos de enseñanza para el manejo y utilización de estos centros de mecanizado CNC.

Los procesos que involucran el manejo de las tecnologías de control numérico se basan en criterios de diseño, simulación, programación y mecanizado que mejoran la calidad de un producto y reducen tiempos de fabricación así como costos.

ABSTRACT

This research makes an abstract of basic concepts of technology (Computer Numerical Control) CNC, where sets out the scope and field of application as well as the advantages over conventional technologies.

Furthermore, it develops a process modeling (Computer-aided design) CAD of a prototype engraved on a metallic plate in anodized aluminum Bobcad-Cam Software previously analyzed and selected under technical criteria, this process is designed on the Computer Aided Manufacturing (CAM), taking into account all technical parameters machining in order to gain a product in the most efficient manner. The milling process numerical control (CNC) is made from an aluminum plate, which sets out in detail the step sequence, and the proper handling of the machine Bridgeport detailed VCM800-22.

The metal engraving has been used as a model to demonstrate the versatility of machining numerical control machines in the manufacture of mechanical items and devices. These technologies have become valuable tools for improving not only production processes in different companies in the industrial field but also for updating teaching practices and methods at higher educational institutions for the management and use of these CNC machining centers.

Processes involving the handling technologies CNC are based on design criteria, simulation, programming and machining which improve the quality of a product and reduce not only time but also manufacturing costs.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

Al transcurso del tiempo los sistemas automatizados han formado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo, hasta un punto que se puede decir que la tasa de desarrollo del software gobierna directamente la tasa de desarrollo industrial.

Utilizando herramientas modernas se ha podido realizar de una manera práctica maquinaria de todo tipo, aunque concebida y realizada, no podía ser comercializada por no existir medios adecuados para su construcción.

Si la mecanización total de un número de piezas fuera necesario realizar las operaciones de fresado, mandrilado y perforado, se alcanzaría la mayor eficacia si este grupo de máquinas herramientas estuvieran agrupadas, esta necesidad sumada a numerosos y nuevos requerimientos que día a día aparecieron, forzaron la utilización de nuevas técnicas que remplazan principalmente al operario.

Así se introdujo el control numérico en los procesos de fabricación, por varias razones: necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y calidad suficientes sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación, necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o difíciles de fabricar por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.

Inicialmente, el factor predominante que estipuló todo automatismo fue el aumento de productividad, posteriormente debido a que las nuevas necesidades de la industria aparecieron otros factores no menos importantes como la precisión, la rapidez y la flexibilidad.

En el año de 1942 surgió lo que se podría llamar el primer control numérico verdadero debido a una necesidad impuesta por la industria aeronáutica para la realización de hélices de helicópteros de diferentes configuraciones, el operario escribía manualmente

dichos códigos para la máquina desde entonces se han desarrollado simbólicos para comunicar instrucciones a la máquinas herramientas.

Por ejemplo, las aplicaciones de diseño asistido por computadora (CAD) y de fabricación asistido por computadora (CAM) con los cuales puede dibujar una pieza como una serie de líneas y curvas, que se denominan geometrías de la pieza. Las geometrías se utilizan para generar automáticamente instrucciones de código NC para la máquina herramienta.

1.2 Justificación.

En la actualidad las empresas tienen una fuerte necesidad de constante innovación y mejora en los diferentes productos que les brinda a sus clientes.

Principalmente en la variedad de diseños, la calidad y con un costo sumamente razonable, razón por la cual se ven obligado a continuos cambios en este campo de la industria artística, en muchos casos esta fuerte innovación necesita uso de nuevos materiales y tecnologías hasta el momento no utilizadas para tallar el respectivo grabado en la superficie de un metal, a su vez el elevado precio de adquisición de esta máquina CNC supone una barrera de entrada para la integración de esta en el proceso productivo

Las sociedad moderna necesita nuevas empresas que logren satisfacer las expectativas planteadas, entre las cuales una empresa dedicada al grabado y tallado en metal.

Puede ser una idea poco explorada por el público en general dentro de la región en lo que se va a realizar la actividad, pudiendo así obtener un beneficio considerable.

Entre la gran variedad de aplicaciones del CNC una es el grabado en material, se lo realiza en bajo y alto relieve tanto de frases e imágenes; se utiliza diferentes tipos de materiales entre estos están el aluminio, acero inoxidable, cobre, zinc y madera. Se selecciona el material según su maleabilidad ya que se enfoca a la parte artística.

El CNC es una tecnología innovadora en la cual la imaginación es el límite ya que se puede realizar varios elementos que son difíciles de fabricar en su forma tradicional y como es este caso en el grabado metálico en placas.

1.3 Objetivos.

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar y aprovechar la tecnología CNC, en la elaboración de productos de grabado metálico a partir de un diseño CAD.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Determinar la influencia que representa el CNC en la industria del grabado

Selección de un prototipo de grabado metálico que involucre características y parámetros únicos del CNC

Aplicar el CAD en el diseño de productos de grabado metálico.

Desarrollar el algoritmo para la elaboración de un prototipo en la superficie de una lámina metálica.

Simular la mecanización.

Demostrar la versatilidad de los sistemas de control numérico mediante la simulación del proceso.

CAPÍTULO II

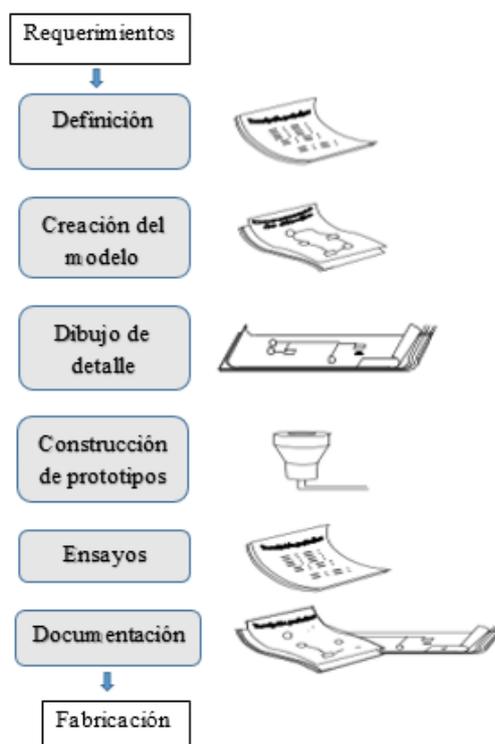
2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Diseño asistido por computadora “CAD”

Diseño asistido por computadora también conocida como CAD acrónimo del inglés Computer-Aided Design, es el uso de programas o software en el cual está diseñado para crear representaciones gráficas en 2 dimensiones como en 3 dimensiones, además permite realizar varios estudios como análisis estático, dinámico, eléctrico, comportamiento de los fluidos y simulaciones de maquinaria con el diseño y ensamble previo de cada uno de los elementos que lo conforma.

La finalidad del desarrollo de un sistema CAD es establecer la representación gráfica del modelo en la computadora, esto permite que se genere un proceso automatizado del dibujo y la documentación necesaria para el diseño, además facilita la utilización de métodos numéricos para las simulaciones del prototipo.

Figura 1. Proceso clásico de diseño CAD



Fuente: Autores

2.2 Beneficios del CAD.

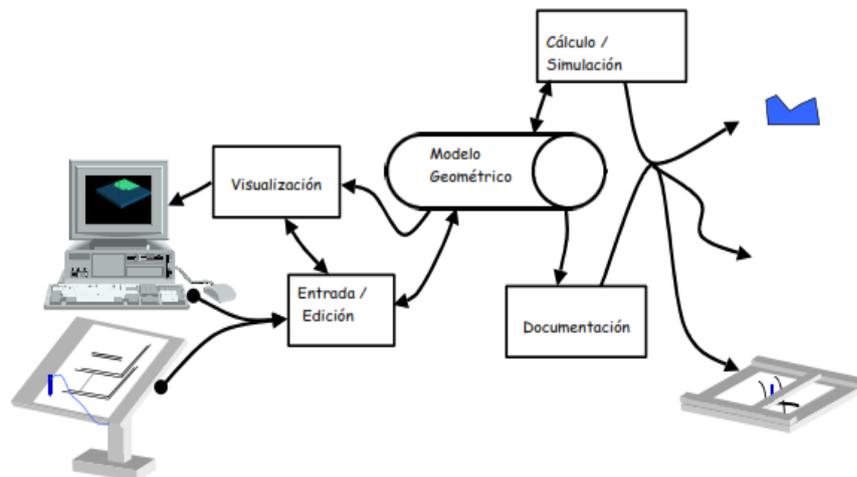
- Reducción de tiempo en la elaboración del prototipo.
- El prototipo se lo realiza con mayor rapidez y precisión, es decir se minimiza el margen de error.
- Con el prototipo tridimensional perfeccionado y con sus respectivas especificaciones matemáticas precisas se lo puede enviar a una máquina CAM.

2.3 Estructura de un diseño CAD.

El diseño asistido por computadora es un proceso iterativo de tal manera que el desarrollo de un sistema CAD debe estar establecido por ciclos bajo parámetros de representación, edición y visualización del prototipo. Para mayor comprensión un sistema CAD debe cumplir las siguientes funciones:

- Definición iterativa del prototipo.
- Observaciones múltiples.
- Cálculo de propiedades y simulación,
- Corrección del prototipo.
- Obtención de planos y documentación.
- Interfaz con CAM (manufactura asistida por computadora).

Figura 2. Esquema general de un sistema CAD



Fuente: Autores

2.4 Campos de aplicación de CAD

Existe un sin número de aplicaciones en las cuales se toma en consideración el diseño asistido por computadora para los procesos de fabricación entre los más importantes se encuentran la ingeniería civil, diseño de hardware y diseño industrial.

2.5 Manufactura asistida por computadora

Manufactura asistida por computadora también conocida como CAM acrónimo del inglés Computer Aided Manufacturing, implica la utilización de computadoras para ayudar en la fase directa de la fabricación de un modelo o prototipo, es una combinación entre el CAD y el lenguaje de programación de las máquinas herramientas con la actuación del operario.

Debido a que el CAD está relacionada con el CAM, ahí la importancia de generar la función entre ambas CAD/CAM, debido a todas sus ventajas que se produce en el proceso de fabricación de cualquier tipo de prototipo para aumentar la productividad y disminuir los tiempos totales de producción. (800-22, 1995)

2.6 Beneficios de CAM

- Los sistemas CAM ayudan a que el proceso de producción se maximice, debido a la gran variedad de equipos y herramientas multifuncionales con alto porcentaje de fiabilidad, eficiencia y rendimiento en la fabricación de cualquier prototipo.
- Los sistemas CAM pueden complementarse de manera correcta con los sistemas DNC (control numérico directo), con la finalidad de entregar y administrar de manera óptima los archivos a máquinas CNC (control numérico por computador).

2.7 Historia del control numérico

El control numérico CN en sus inicios (segunda Guerra Mundial), fue creado para tratar de ayudar al diseño de piezas mecánicas muy difícil de realizarlas más no para mejorar al proceso de producción. (CNC)

En 1942 la empresa Bendix Corporation tuvo muchos problemas en la elaboración de una leva tridimensional de una bomba inyectora para motores de avión, este diseño era imposible de ejecutarlo con máquinas-herramientas convencionales debido a que se necesitaba combinar movimientos en los ejes.

Al pasar los años para darle solución a este problema se establece seguir matemáticamente trayectorias en tiempos muy pequeños, esto hacía que la pieza comience a moverse de punto a punto.

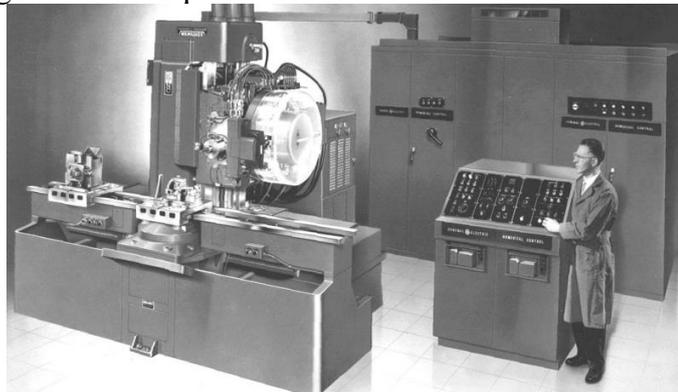
En 1947, el constructor de hélices de helicóptero John Parsons crea un control automático con entradas de códigos numéricos que fue incorporado por las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos (USAF acrónimo del inglés United States Air Force) y perfeccionada por Parsons y el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT acrónimo del inglés Massachusetts Institute of Technology). (CNC)

Figura 3. La primera máquina CNC



Fuente: <http://goo.gl/tCOCiH>

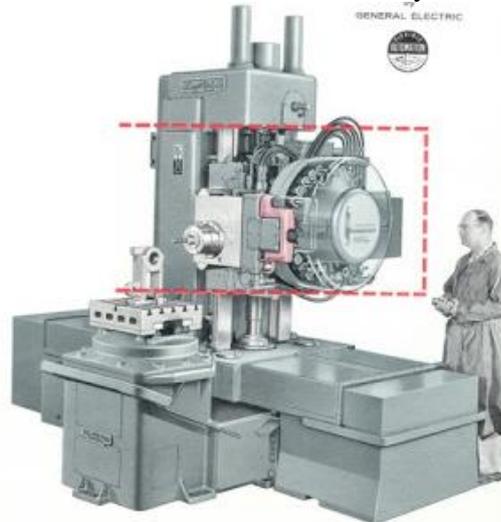
Figura 4. La máquina fresadora CNC Milwaukee-Matic-II.



Fuente: <http://goo.gl/tCOCiH>

El MIT en 1953 utiliza el nombre de control numérico, de allí tuvo varias denominaciones las cuales fueron: control numérico punto a punto, control numérico contorneado y control numérico paraxial. (800-22, 1995)

Figura 5. Milwaukee-Matic de Kearney & Trecker.



Fuente: <http://goo.gl/tCOCiH>

Actualmente con ayuda de las computadoras se lo ha denominado control numérico por computadora en el cual se extiende a cualquier tipo de maquinaria.

2.8 Control numérico por computadora.

Control numérico por computadora también conocida como CNC acrónimo del inglés Computer Numerical Control, son sistemas automatizados en las cuales se manejan una serie de codificaciones alfanuméricas programadas para las distintas aplicaciones existentes desarrolladas en secuencias de operaciones y movimientos de manera ordenada según lo requiera el programador.

Antiguamente la tecnología CNC era más difícil programarla debido a que se utilizaba codificaciones extensas y se lo realizaba en cintas perforadas que a su vez aumentaba el tiempo de programación, además las máquinas con tecnología CNC como los tornos, fresadoras y rectificadoras eran de infraestructura más robustas pero con el avance de la tecnología en los últimos años la fabricación de máquinas CNC ha ido aumentando debido a la reducción de los costos y de la simplificación de la programación que se lo realiza de manera directa.

2.9 Diferencias entre una máquina convencional y una máquina con CNC

Tabla 1. Diferencia entre una máquina convencional y una máquina con CNC

Máquina convencional	Máquina con CNC
Solo una persona opera la máquina.	Un operador puede utilizar muchas máquinas.
La experiencia es muy importante.	No es necesario la experiencia.
El operador tiene el mando de profundidad, avance, etc.	El programa tiene el control de los parámetros de corte.
Existen trabajos imposibles de realizar.	Se realiza cualquier tipo de trabajo.

Fuente: Autores

2.10 Ventajas del CNC

- Reduce la intervención del trabajador en el proceso de producción de las piezas mecánicas teniendo mayor tiempo libre para que pueda realizar otras actividades, de esta manera existen muchos beneficios para el trabajador como: reducción de factores de riesgos que pueden afectar la integridad física y mental del operario ya sean estos factores mecánicos, físicos, ergonómicos y psicosociales entre los más importantes provocando un ambiente laboral adecuado para todas las personas involucradas en la organización.
- Se puede elaborar cualquier tipo de piezas o prototipos de manera tridimensional, es decir en los 3 ejes de coordenadas con mayor facilidad, exactitud y flexibilidad que son los parámetros que benefician a que la productividad aumente de manera considerable.

2.11 Desventajas del CNC

- Elevados costos de la maquinaria y al momento de realizar mantenimiento correctivo.
- La planificación para el proceso de producción es más detallada y minuciosa en lo referente a la programación alfanumérica, selección de tipo de herramientas de corte y el algoritmo de operaciones para su buen funcionamiento.

- Falta de capacitación al personal que está involucrado con la maquinaria en materias referente al mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en caso de fallas.

2.12 Aplicaciones del CNC

Existe una gran variedad de máquinas en las se utiliza el control numérico entre las que podemos mencionar:

- Tornos.
- Fresadoras.
- Rectificadoras.
- Máquinas de dibujar (Plotters).
- Dobladoras.
- Prensas.
- Cizallas.
- Manufacturas de bajo y alto relieve.
- Diseño y manufactura de grabados industriales.
- Troqueles para piel.
- Logotipos y marcas de empresas.
- Joyería.
- Imágenes corporativas.
- Cerámica.
- Decoración de envases.
- Calzado.
- Placas y monedas.
- Moldes para galletas y chocolates.

2.13 Proceso de grabado con CNC

El proceso de grabado es una disciplina artística en las cuales se utilizan una gran variedad de técnicas de impresión definidas, con la finalidad de que el proceso sea novedoso, llamativo e innovador. El proceso consta en realizar el dibujo de un croquis o imagen sobre una superficie rígida llamada matriz, de esta manera se establece una huella que se transfiere a presión a otra superficie, esto depende mucho del tipo de material que se

utilice y el diseño que se desee realizar, esto permite que pueda generar varias reproducciones de la huella o estampa.

Una de las características principales del proceso de grabado es que se puede realizar en alto y bajo relieve esto le da una contextura diferente al diseño, esto provoca un mayor impacto para aquellas personas que adquieren este tipo de productos.

El proceso de grabado tiene las facilidades de realizarse en 2D y en 3D, a partir de estos modelos físicos como también informáticos se puede generar una variedad de productos o prototipos ya sean piezas grandes dirigidas a la industria o piezas pequeñas para trabajos de joyería o ingeniería.

El proceso de grabado se lo puede realizar en distintos materiales, esto hace que el tiempo del proceso de grabado varíe según el tipo de material que se elija, las características de los materiales hacen que el proceso sea rústico o fino, además se debe considerar las características del tipo de herramienta que se seleccione.

Una buena selección de la herramienta ayuda a que el producto o prototipo tenga mejores acabados superficiales y a su vez hace que se cumpla con todos los parámetros que establece la norma de calidad.

2.14 Estructura de un programa CNC

El programa debe tener un nombre o un número de identificación, hay ocasiones que algunos controles numéricos solo aceptan números. Los programas CNC está conformado por bloques secuenciales cada uno de estos con distintas instrucciones para el control. La numeración de los bloques no solamente pueden ser enumerados de uno en uno también pueden ser de cinco en cinco o de diez en diez, etc.

Esto es conveniente para luego introducir bloques intermedios sin que afecte toda la numeración.

La numeración debe ser siempre de manera creciente, si existe un bloque que luego de la secuencia se lo enumera con un valor menor que el anterior de inmediato se detiene la ejecución del programa.

2.15 Códigos estándares.

Normalmente se estable 2 estándares mundiales la ISO 6983 y la EIA RS274, para mayor comprensión se estable los códigos según la ISO 6983.

2.16 Código ISO 6983

2.16.1. *Parte de la estructura del programa de la máquina BRIDGEPORT VMC 800-22*

- **Bloques**

Cada parte del programa del bloque de datos contiene una función específica ejecutable de la máquina. Cada bloque debe terminar con retorno de carrera, sin embargo el ejemplo mostrado en el manual designa el código final del bloque con un punto y coma. Un ejemplo de algunos bloques de la parte del programa:

N01G90X1.5;

N02G1Z-.5F30.;

N03M00;

Notas

- El código final del bloque es un CR (retorno de carrera).
- El número máximo de caracteres permitidos en un bloque de datos es 132, incluido el CR. LF (avance de línea) no es contado.
- Las características introducidas en un bloque del programa después un punto y coma y antes un final del bloque CR son ignorados por el control. Este formato podría ser utilizado para el programador para los comentarios.

Un bloque de datos está compuesto de una o más palabras. Una palabra consiste de una dirección seguido por un valor. La dirección es una letra que indica el significado del valor contenido en la palabra.

Las direcciones y sus significados por el sistema están mostrados detalladamente en la siguiente tabla:

Tabla 2. Formato de dirección

Función	Dirección	Formato	Significado
Número de programa	:	5	Número de programa
Número de subrutina	#	2	Número de subrutina
Número de etiqueta	L	1	Número de etiqueta
Número de secuencia	N	8	Número de secuencia
Función preparatoria	G	3	Modo del sistema (lineal, arco, etc.)
Coordinar palabra	X,Y,Z	+ 3.4	X,Y,Z Comando del eje de movimiento
	I,J,K	+ 3.4	Coordinar centro del arco.
	U,V,W	+ 3.4	Movimiento incremental X,Y,Z
	A	+ 3.3	Movimiento angular polar (longitud)
	B	+ 3.3	Movimiento incremental angular polar
	D	+ 3.4	Diámetro de la herramienta
	E	+ 3.3	Ángulo co-latitud
	Q	3.2	Tiempo de permanencia
	R	3.4	Radio del arco
Función de avance	F	3.1	Velocidad de avance
Función de la velocidad del husillo	S	4	Velocidad del husillo
Función de la herramienta	T	2	Número de la herramienta
Parámetros	P	+ 3.4	Parámetros de ciclos fijos

Fuente: Autores

Por ejemplo un bloque podría ser compuesto de la siguiente manera:

N100G80X1.Y1.F10.T1M6

N__ Número de secuencia

G__ Función preparatoria

X__ Y__ Coordenadas

F__ Velocidad de avance

T___ Función de la herramienta

M___ Función auxiliar

Notas

- Los formatos mostrados en la tabla indica:
 - + valores con signo positivo o negativo.
 - 3.x tres dígitos a la izquierda del decimal.
 - X.3 tres dígitos a la derecha del decimal.
 - 5 cinco dígitos no decimales.

- La descripción del formato es: +3.4 para las direcciones, excepto A, B y E cuyo formato están 3.3. Todos los formatos mostrados las entradas son en pulgadas, para entradas métricas todos los formatos mostrados cambian de +3.4 a +4.3.

- Las entradas incrementales más pequeñas:
 - Sistema en pulgadas .0001
 - Sistema métrico .001
 - Grados .001

- Las salidas incrementales más pequeñas:
 - Sistema en pulgadas .0001
 - Grados .001

- No es necesario utilizar el signo más para los valores positivos.

- Los puntos decimales son requeridos en la lista anterior donde el decimal está mostrado (excepto si el sistema es ejecutado en el modo de compatibilidad BOSS 4-7). Los ceros a la izquierda del punto decimal y los ceros no significativos a la derecha del punto decimal podría ser omitido.

- Los valores menores que las entradas significativas más pequeñas causan un error. Por ejemplo X1.23456 es una entrada incorrecta.
- Si N, el número de secuencia es utilizado, este debe ser la primera palabra en el bloque.
- Si las direcciones definidas múltiples son usadas, estos deben ser en la secuencia designada para la función programada.

Tabla 3. Rango de direcciones

Función	Dirección	Rango en pulgadas	Métrico
Número de programa	:	1 - 65536	
Número de subrutina	L	1 - 9	
Número de etiqueta	N	1 - 16000000	
Número de secuencia	#	1 - 40	
Función preparatoria	G	1 - 199	
Coordinar palabra	X,Y,Z,I,J,K	+ 8388.607	+ 8388.607
	U,V,W,R,P,D		
	A,B,C,E	+ 8388.607	
Función de avance	F	.1 - 250. ipm	2. - 6350. mmpm
Función de la velocidad del husillo	S	1 - 4200	
Función de la herramienta	T	1 - 24	
Función auxiliar	M	0 - 99	
Tiempo de permanencia	Q	.01 - 327.68	

Fuente: Autores

Tabla 4. Estructura de un bloque de programación CNC

Estructura de un bloque de programación CNC	
N	Número del bloque
G	Instrucción de movimiento
X	Cota según el eje X
Y	Cota según el eje Y
Z	Cota según el eje Z
F	Velocidad de avance (Feed)
S	Velocidad del husillo (Speed)
T	Número de herramienta
M	Funciones auxiliares

Fuente: <http://www.gulmi.com.ar/iso.pdf>

Dentro de cada bloque debe tener este orden pero no es necesario de que estén todos. La programación puede estar en el sistema métrico (mm) o en el sistema inglés (in o pulg.).

2.16.1. Funciones generales de movimientos o preparatorias. Los códigos G consisten de la dirección G más un número de dígitos de 1 a 3. Los códigos G están divididos en dos tipos, aquellos que son efectivos solo en el bloque en el cual es especificado y comandos modales que son efectivos hasta otro código G en el mismo grupo que se ejecuta.

Tabla 5. Lista de códigos de movimiento

Código G	Grupo	Función
0	1	Marcha rápida
1	1	Interpolación lineal
2	1	Interpolación circular en sentido horario
3	1	Interpolación circular en sentido anti-horario
4	0	Permanencia
8	11	Anular desaceleración modal desactivado
9	11	Anular desaceleración modal activado
12	0	Interpolación helicoidal CW
13	0	Interpolación helicoidal CCW
17	2	Selección del plano XY
18	2	Selección del plano XZ
19	2	Selección del plano YZ
22	0	Interpolación circular, entrada de redondeo CW
23	0	Interpolación circular, entrada de redondeo CCW
30	3	Imagen de espejo desactivado
31	3	Imagen de espejo en X activado
32	3	Imagen de espejo en Y activado
40	4	Compensación diámetro de la fresa desactivado
41	4	Compensación a izquierda de la fresa
42	4	Compensación a derecha de la fresa
44	5	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación normal
45	5	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
48	12	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa desactivado
49	12	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
70	6	Entrada en pulgadas
71	6	Entrada en milímetros
72	7	Transformación desactivado

73	7	Transformación/rotación, escala
74	8	Entrada de círculo multi-cuadrante desactivado
75	8	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
77	1	Ciclo de la fresa en Zig-Zag
78	1	Ciclo de la fresa en pocket
79	1	Ciclo de la fresa en perforado
80	1	Ciclo de taladrado desactivado
81	1	Ciclo Z, taladrado (alimentar, salida rápida)
82	1	Ciclo Z, punto de cara (alimentar, salida rápida)
83	1	Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)
84	1	Ciclo Z, golpear (alimentar, alimentar a cabo)
85	1	Ciclo Z, agujero (alimentar, alimentar a cabo)
86	1	Ciclo Z, agujero (alimentar, parada-espera, alimentar a cabo)

Fuente: Autores

Tabla 6. Lista de códigos de movimientos continuos

	Grupo	Función
87	1	Ciclo Z, ruptura de la viruta (salida rápida)
89	1	Ciclo Z, agujero (alimentar, taladrar, alimentar a cabo)
90	9	Programación en coordenadas absolutas
91	9	Programación en coordenadas incrementales
92	0	Control de la programación del punto cero
94	13	Modo velocidad de avance por minuto
95	13	Modo velocidad por vueltas del husillo
96	10	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada
97	10	Trabajo en conjunto del sistema de coordenadas
99	0	Anulación de desaceleración
170	1	Fresar marco exterior
171	1	Fresar marco interior
172	1	Fresar marco de bolsillo
173	1	Fresar cara exterior
174	1	Fresar cara interior
175	1	Fresar círculo exterior
176	1	Fresar círculo interior
177	1	Fresar círculo de bolsillo
179	1	Fresar ranura
180-189	1	Ciclo Z (similar a G81-G89) multi agujeros
191-199	1	Ciclo Z (similar a G81-G89) marco de agujeros

Fuente: Autores

Tabla 7. Encender y restablecer el estado de los códigos G

Código G	Grupo	Función
0	1	Marcha rápida
8	11	Anular desaceleración modal desactivado
17	2	Selección del plano XY
30	3	Imagen de espejo desactivado
40	4	Compensación diámetro de la fresa desactivado
45	5	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
49	12	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
70/71	6	Entrada en pulgadas o en milímetros
72	7	Transformación desactivado
75	8	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
90	9	Programación en coordenadas absolutas
94	13	Modo velocidad de avance por minuto
96	10	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada

Fuente: Autores

- **G00 Posicionamiento rápido**

Son los desplazamientos según el plano de seguridad a la máxima velocidad de la máquina, este plano es el definido por una cota en Z que asegura que la herramienta podrá desplazarse sin chocar con algún obstáculo.

No se pueden programar movimientos G00 interpolados en dos o más planos. Primero se programa la salida en Z (por ejemplo al plano de seguridad) y luego en otro bloque, el reposicionamiento en XY. Para este bloque, la máquina buscara primero la cota X y luego la Y, es decir no interpolará. Si bien esta modalidad es la más común puede variar según las diferentes marcas de control numérico. La función G00 es modal e incompatible con G01, G02, G03 y G33.

En algunos controles G00 no anula la última F programada, en otros sí, por lo que hay que volver a programarla luego de la ejecución de un G00.

- **G01 Interpolación lineal**

Pueden ser movimientos con variación simultánea en los 3 ejes, esto significa que pueden ser trayectorias espaciales no paralelas a ninguno de los ejes. El CNC calculará las

velocidades relativas según cada uno de los ejes, de manera que el resultado de la combinación sea una trayectoria rectilínea.

El G01 se ejecuta a la F programada, aunque ésta puede ser luego variada durante la ejecución del programa. Normalmente F es modal y G01 no puede ser incluida en un mismo bloque con G00, G02, G03 y G33.

- **G02 y G03 Interpolaciones circulares**

Son trayectorias según arcos de circunferencia, sólo pueden ejecutarse en un plano determinado XY, XZ o YZ. En este caso el CNC deberá no sólo calcular las velocidades relativas de cada eje sino también la aceleración y desaceleración de los movimientos para obtener una trayectoria circular.

Por ejemplo para plano XY:

– N G02(G03) X +/-4.3 Y +/-4.3 I+/-4.3 J+/-4.3 F

I y J definen el centro del arco según los ejes X e Y respectivamente.

Normalmente los valores de I y J son incrementales respecto del punto de inicio de la trayectoria circular, sin embargo esto puede variar según la marca del CNC.

En algunos CNC los valores de I y J deben ser programadas en absolutas, en los CNC que definen centro incrementales puede programarse un G02/G03 incluyendo un G06 en el bloque, los valores I y J deben incluirse siempre aunque sean iguales a 0, además F es modal para estas funciones.

– N G02(G03) X +/-4.3 Y +/-4.3 R+/-4.3 F

En este caso no hay definición de I y J sino de R, el radio del arco de circunferencia, este parámetro tiene las siguientes limitaciones: no se puede programar circunferencias completas, si el arco es menor de 180° R llevará el signo positivo pero si es mayor llevará el signo negativo.

- **G30, G31, G32 Imágenes espejo**

Este tipo de funciones son ayudas que simplifican la programación CNC, en este caso permiten obtener simetrías sin tener que programar todos los movimientos. Las funciones imagen espejo deben ser entendidas como la ejecución de un bloque anterior con el signo de la cota correspondiente al eje seleccionado cambiada. (6983)

- **G40, G41 y G42 Compensación de radios de herramienta**

Para ello la herramienta debe estar especificada en el inicio del programa con el formato Txx.yy.

XX es el número de 2 dígitos con el que determinada herramienta está archivada (en el momento de configurar el CNC puede crearse una tabla de herramientas disponibles).

YY es un valor de corrección del diámetro nominal de la herramienta, estas correcciones son normalmente necesarias por cuestiones de desgaste.

- **G72 y G73 Transformación, rotación y escalado del sistema de coordenadas**

Este tipo de funciones son similares a las funciones de espejo, en este caso permiten reproducir un mecanizado ya programado rotándolo respecto del origen de coordenadas.

Esta función permite incrementar o reducir las dimensiones de una pieza sin cambiar el programa, se debe multiplicar por un factor K a las cotas establecidas.

- **G81 Taladrado**

Los bloques de ciclo fijo de taladrado tienen la siguiente conformación:

– N4 G81 G98/99 X/Y/Z+4.3 I+4.3 K2.2 N2 donde:

G?: Código del ciclo fijo.

G99: Retroceso al plano de seguridad

X/Y/Z: Si se trabaja en el plano XY (G17), X e Y definen el punto donde se hará la primera perforación, Z define el plano de referencia antes establecido.

I: Define la profundidad de la perforación.

K: Define el tiempo de espera en el fondo de la perforación antes de iniciarse el retroceso, los valores del tiempo se establece en segundos.

N: Define el número de veces que se repetirá el ciclo fijo.

- **G83 Taladrado profundo**

Este tipo de ciclo fijo se aplica cuando, por la profundidad de la perforación es necesario levantar cíclicamente la broca para que se descargue la viruta. (BobCAD-CAM, 2014)

– N4 G83 G98/99 X/Y/Z+-4.3 I+-4.3 J2 N2

La diferencia con G81 está en la que I define cada cota de penetración en incrementales y J define la cantidad de penetraciones según el incremento I.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Mercado

El mercado está dirigido a los talleres o locales que realizan el proceso de grabado en placas en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba.

Para mayor entendimiento y establecer parámetros en lo referente a un estudio de pre-factibilidad, se establece que el macro-entorno es el cantón Riobamba y el micro-entorno son los talleres que realizan el proceso de grabado.

Por lo general en la ciudad de Riobamba no ha tenido mucho crecimiento en los últimos años en el proceso de grabado debido a que los dueños de los talleres no mejoran sus productos con otras alternativas de innovación, esto a su vez genera una inconformidad por parte de los clientes potenciales al no ver nuevos diseños.

3.2 Objetivos de mercado

- Identificar y cuantificar la demanda potencial a cubrir.
- Verificar que existe un mercado potencial y que es viable, desde el punto de vista operativo, introducir el proceso de grabado en placas aplicando la tecnología CNC.
- Demostrar que tecnológicamente es posible producir el grabado en placas con tecnología CNC, una vez que se verifique que no existe ningún impedimento en la adquisición de la materia prima e insumos necesarios para la producción de grabado.
- Generar nuevas alternativas de diseño en el proceso de grabado artístico con la finalidad de generar la satisfacción de los clientes potenciales con prototipos o productos innovados. Analizar el macro-entorno y el micro-entorno para conocer la viabilidad del proceso de producción de las placas de grabado aplicando la tecnología CNC.

3.3 Etapas de un estudio de mercado

3.3.1 *Definición del problema.* Analizar la capacidad, calidad y el tiempo de producción de los talleres o locales que realizan el proceso de grabado en placas, utilizando las máquinas convencionales en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba.

3.3.2 *Identificación de las fuentes de información.* La fuente de información es de tipo primaria debido a que se establece la elaboración de una encuesta y estas pueden ser de hecho, opinión e interpretación.

Para la obtención de datos más precisos es conveniente aplicar una encuesta de hecho.

3.3.3 *Diseño de la muestra.* El universo o población son los talleres que realizan el proceso de grabado en placas con un total de 10 en la ciudad de Riobamba, no es necesario aplicar el tamaño de la muestra por motivo que la población es muy pequeña, en decir que la muestra es igual a la población y el uso de alguna fórmula para muestreo estadístico es innecesario.

La encuesta se aplica a toda la población debido a los parámetros establecidos anteriormente, de esta manera se obtendrá información idónea de toda la población dedicada a la elaboración de grabado en placas.

3.3.4 *Modelo de encuesta*

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Facultad de Mecánica
Escuela de Ingeniería Industrial

Nota: La presente encuesta tiene como finalidad obtener información sobre el proceso de grabado en placas en los talleres del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo.

TALLER DE GRABADO

1. A la hora de realizar el proceso de grabado en placas ¿considera usted las necesidades de los clientes?

SI NO

2. ¿Cuántas placas por mes se elabora en su empresa?

10 a 19 20 a 60
61 a 100 Mayor a 100

3. ¿Qué tipo de material es la placa que utilizan para el proceso de grabado?

Acero inoxidable Cobre Aluminio
Vidrio Madera Otros

4. ¿Qué tipo de producción realiza en su empresa?

En serie Bajo pedido Por lotes
Otros

5. ¿En los últimos años la producción de grabado en placas se ha aumentado o disminuido?

.....

6. ¿En qué porcentaje se ha aumentado o disminuido la producción de grabado en placas?

.....

7. ¿Ha escuchado si se realiza el proceso de grabado con tecnología CNC (control numérico computarizado)?

SI NO

8. ¿Ha utilizado control numérico computarizado CNC en la elaboración de productos de grabado metálico?

SI

NO

3.3.5 Tabulación de datos.

- Recopilación de datos primera pregunta

Tabla 8. Recopilación de datos primera pregunta

1. A la hora de realizar el proceso de grabado en placas ¿considera usted las necesidades de los clientes?	
SI	7
NO	3

Fuente: Autores

- Recopilación de datos segunda pregunta

Tabla 9. Recopilación de datos segunda pregunta

2. ¿Cuántas placas por mes se elabora en su empresa?	
10-19	1
20-60	6
61-100	1
Más de 100	2

Fuente: Autores

- Recopilación de datos tercera pregunta

Tabla 10. Recopilación de datos tercera pregunta

3. ¿Qué tipo de material es la placa que utilizan para el proceso de grabado?	
Acero inoxidable	2
Cobre	3
Aluminio	1
Vidrio	2
Madera	1
Otros	1

Fuente: Autores

- Recopilación de datos cuarta pregunta

Tabla 11. Recopilación de datos cuarta pregunta

4. ¿Qué tipo de producción realiza en su empresa?	
En serie	1
Bajo pedido	7
Por bloques	2
otros	0

Fuente: Autores

- Recopilación de datos quinta pregunta

Tabla 12. Recopilación de datos quinta pregunta

5. ¿En los últimos años la producción de grabado en placas se ha aumentado o disminuido?	
Aumentó	6
Disminuyó	4

Fuente: Autores

- Recopilación de datos sexta pregunta

Tabla 13. Recopilación de datos sexta pregunta

6. ¿En qué porcentaje se ha aumentado o disminuido la producción de grabado en placas?	
0-5 %	2
6-10%	6
11-15%	1
Mayor a 15%	1

Fuente: Autores

- Recopilación de datos séptima pregunta

Tabla 14. Recopilación de datos séptima pregunta

7. ¿Ha escuchado si se realiza el proceso de grabado con tecnología CNC (control numérico computarizado)?	
SI	3
NO	7

Fuente: Autores

- Recopilación de datos octava pregunta

Tabla 15. Recopilación de datos octava pregunta

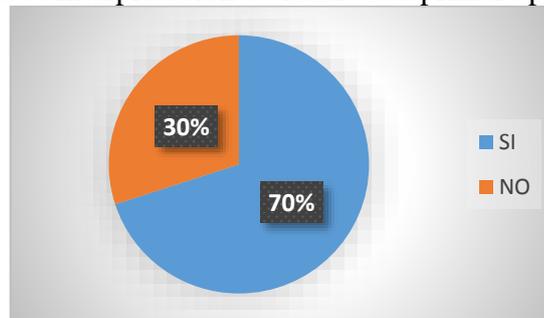
8. ¿Ha utilizado control numérico computarizado CNC en la elaboración de productos de grabado metálico?	
SI	2
NO	8

Fuente: Autores

3.3.6 Análisis e interpretación de resultados

1. A la hora de realizar el proceso de grabado en placas ¿considera usted las necesidades de los clientes?

Figura 6. Interpretación de resultados primera pregunta

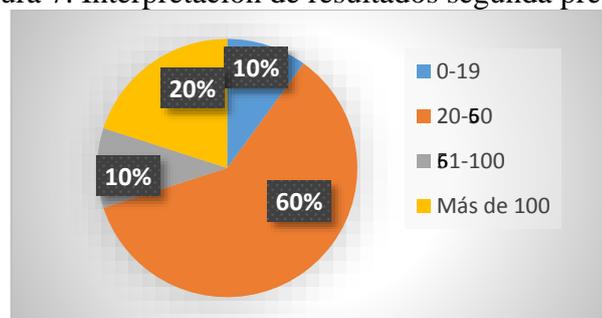


Fuente: Autores

Análisis: Se observa que el 70% considera las necesidades de los clientes y están dispuestos a realizar cualquier capricho y un 30% prefiere realizar algo monótono que ha realizado durante años de precedencia.

2. ¿Cuántas placas por mes se elabora en su empresa?

Figura 7. Interpretación de resultados segunda pregunta

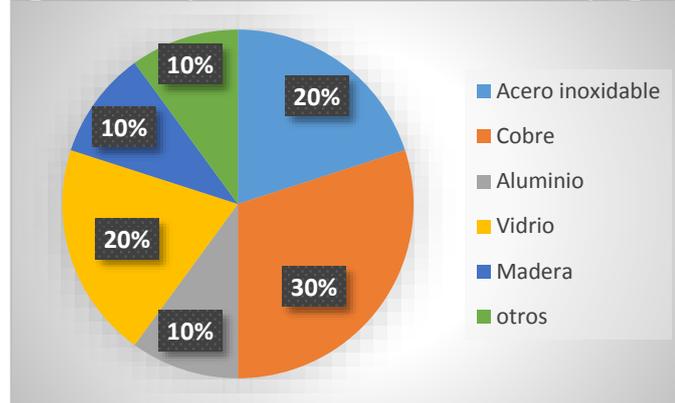


Fuente: Autores

Análisis: Se observa que el porcentaje más ponderado es del 60% el cual es de 20-60 placas elaboradas por mes, este dato se utilizó para realizar el cálculo de la demanda y posteriormente proyectarla.

3. ¿Qué tipo de material es la placa que utilizan para el proceso de grabado?

Figura 8. Interpretación de resultados tercera pregunta

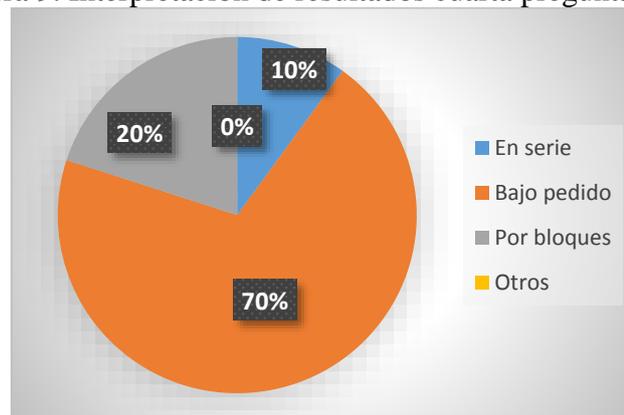


Fuente: Autores

Análisis: Se observa que la mayor ponderación es del 30% la cual corresponde al material Cobre ya que posee como propiedad la maquinabilidad es decir que es fácil de mecanizar.

4. ¿Qué tipo de producción realiza en su empresa?

Figura 9. Interpretación de resultados cuarta pregunta

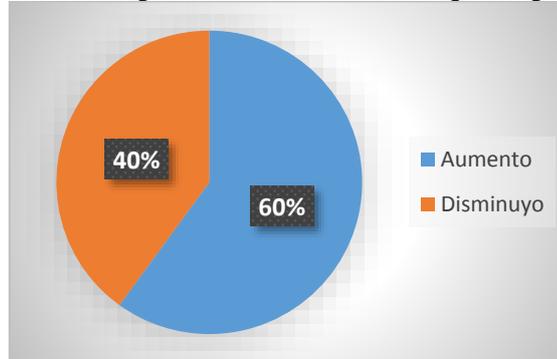


Fuente: Autores

Análisis: Se observa que la mayoría de la producción se lo realiza bajo pedido ya que los diseños se lo realizan según los requerimientos del cliente,

5. ¿En los últimos años la producción de grabado en placas se ha aumentado o disminuido?

Figura 10. Interpretación de resultados quinta pregunta

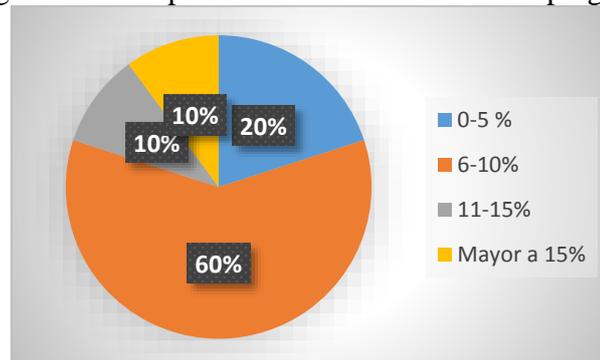


Fuente: Autores

Análisis: El resultado indica de que la producción en la mayoría de locales que se dedican al grabado han aumentado, la justificación indica que es la rapidez de la entrega del producto, es decir que estos locales cuentan con máquinas automatizadas; en los locales que indican la disminución de la producción cuentan con máquinas tradicionales o de baja tecnología las cuales se demoran y no cuentan con acabados.

6. ¿En qué porcentaje se ha aumentado o disminuido la producción de grabado en placas?

Figura 11. Interpretación de resultados sexta pregunta

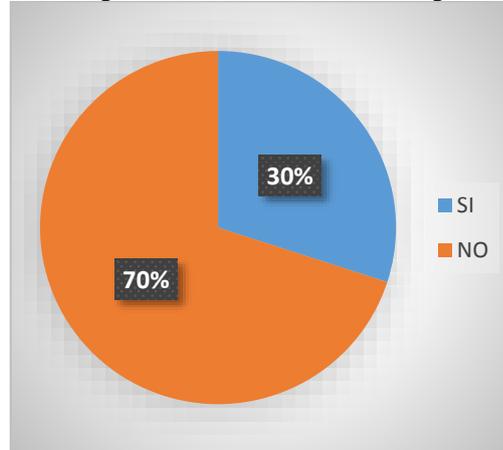


Fuente: Autores

Análisis: Se observa que los talleres que afirmaron el aumento determinaron ciertos porcentajes y el más ponderado es del 6 al 10 % y es el valor que se utilizó para la proyección de la demanda.

7. ¿Ha escuchado si se realiza el proceso de grabado con tecnología CNC (control numérico computarizado)?

Figura 12. Interpretación de resultados séptima pregunta

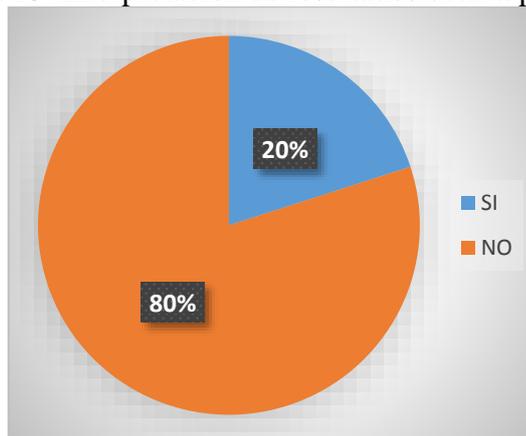


Fuente: Autores

Análisis: Se observa que la mayoría de personas no han escuchado sobre el CNC para realizar grabados ya que es una tecnología reciente y poco conocida.

8. ¿Ha utilizado control numérico computarizado CNC en la elaboración de productos de grabado metálico?

Figura 13. Interpretación de resultados octava pregunta



Fuente: Autores

Análisis: Se observa que la mayoría de talleres que realizan grabados no han utilizado el control numérico computarizado ya que son nuevos métodos de fabricación de placas grabadas.

3.4 Situación actual de los talleres de grabado

La mayoría de los talleres que realizan el proceso de grabado utilizan máquinas convencionales, es decir que el trabajador está involucrado en algunas etapas del proceso de producción, además cabe establecer que el proceso lo realizan bajo pedido por lo tanto es de suma importancia los clientes potenciales.

Los materiales de las placas que utilizan para el proceso de grabado son: cobre, aluminio, acero inoxidable, vidrio, madera, etc.

Figura 14. Plancha de cobre



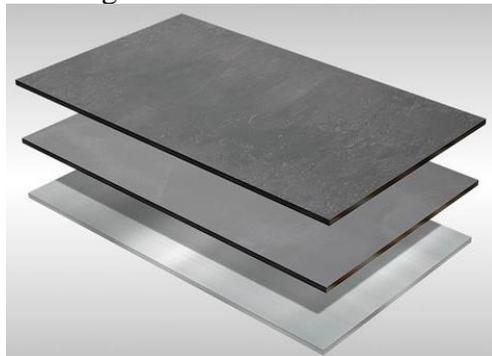
Fuente: <http://www.psicopreven.com/forma>

Figura 15. Plancha de aluminio



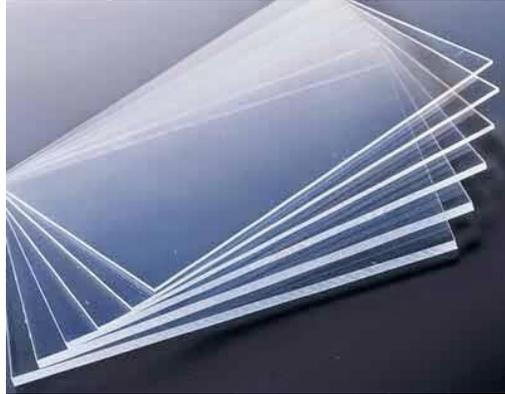
Fuente: <http://www.psicopreven.com/forma>

Figura 16. Plancha de acero



Fuente: <http://www.psicopreven.com/forma>

Figura 17. Plancha de vidrio



Fuente: <http://www.psicopreven.com/forma>

Figura 18. Plancha de madera



Fuente: <http://www.psicopreven.com/forma>

Los tiempos de producción varía según el tipo de material, el tipo de diseño que el cliente potencial requiera y el tipo de máquina de grabado que se utilice para la elaboración de grabado en placas.

Las máquinas que se utilizan para el proceso de grabado en placas son: máquinas a láser, máquinas mecánicas, pantógrafos, etc.

Figura 19. Máquina a láser



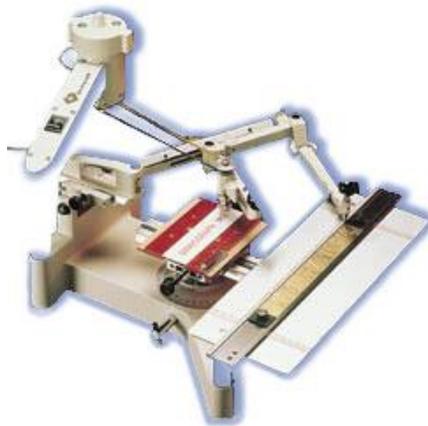
Fuente: <http://www.gravograph.com/mexico/index.php>

Figura 20. Máquina mecánica



Fuente: <http://www.gravograph.com/mexico/index.php>

Figura 21. Pantógrafos



Fuente: <http://www.gravograph.com/mexico/index.php>

Algunos de estos tipos de máquinas que realizan el proceso de grabado utilizan el control numérico, la programación para estas máquinas no es de mayor dificultad, lo complicado es el diseño que se desee establecer y en qué tipo de material se va a elaborar, en parámetros de tiempo esto puede tardar de 10 minutos a 2 horas que son los rangos aproximados en que se puede obtener el prototipo o producto terminado.

3.5 Demanda

3.5.1 Análisis de la demanda. La demanda es la cantidad de un producto que se estará dispuesto a adquirir en un momento dado a los diferentes precios posibles, este es un campo de estudio muy amplio, por lo que se establecerá la demanda a partir del año 2015 con el fin de poder realizar una proyección que nos indique la posibilidad de entrar en el mercado.

En la ciudad de Riobamba existe una cantidad moderable de su población que adquiere una placa grabada para diferentes ocasiones como pueden ser para trofeos, nombres para reconocimiento de cargos administrativos y reconocimientos por logros alcanzados.

Es por eso que a través de este estudio, se pretende fortalecer y asegurar que este proceso de grabado en placas se encuentre disponible para su utilización sin importar la complejidad del trabajo.

Con esta información se determina la aceptación del producto por parte de la población de la ciudad de Riobamba que poseen talleres de grabados, fundamentado en la necesidad observada en la misma, basado en el resultado de las encuestas, la tasa de incremento de oferta de grabados que adquieren las personas es del 10% anual.

Se detalla que la elaboración de grabado en placas se realiza en las dimensiones descritas a continuación: 20 x 30; 15 x 20; 10 x 15. La elaboración promedio de grabado en placas es de 60 unidades mensuales

La demanda se detalla de la siguiente manera; los talleres que realizan el grabado en placas son 10 (población) en la ciudad de Riobamba de las cuales se producen 60 placas mensuales. Resultando como demanda total actual (2015) de 7200 placas grabadas

3.5.2 Proyección de demanda. De acuerdo con la tasa de crecimiento, se estima la demanda, se proyecta y calcula la demanda insatisfecha.

Para obtener la demanda se debe considerar la tasa de crecimiento de ventas anuales de grabado en placas, se establece en un 10%.

En este método se va a utilizar la fórmula del valor compuesto.

$$VF = VP * (1+i)^n \quad (1)$$

VF= Valor futuro

VP= Valor presente

i = tasa de crecimiento de ventas anuales de grabado en placas

n = número de años.

3.5.3 Resultado demanda proyectada

Datos

VP= 7200 unidades.

i= 10%

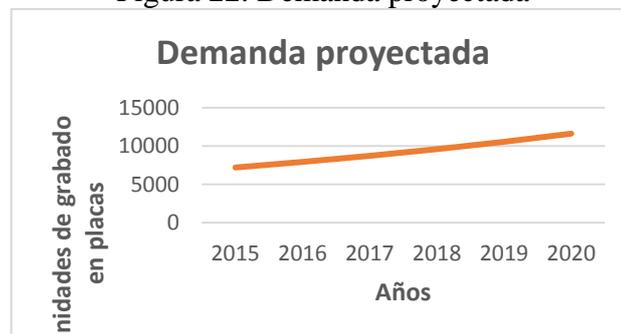
n= (proyección a 5 años).

Tabla 16. Demanda proyectada

Años	Demanda proyectada
2015	7200
2016	7920
2017	8712
2018	9584
2019	10543
2020	11598

Fuente: Autores

Figura 22. Demanda proyectada



Fuente: Autores

Se estableció que la demanda en la producción de grabado en placas se incrementa según el tiempo, esto se debe a que el índice de crecimiento poblacional aumenta cada año, además se determinó que para el año 2020 la producción de grabado supera las 10000 placas anuales.

3.6 Oferta

3.6.1 Análisis de la oferta. La oferta propuesta del producto va a resultar igual a la demanda por el motivo que la producción se la realiza bajo pedido es decir producto realizado producto vendido.

3.6.2 *Proyección de oferta.* Ya que la oferta va a ser igual a la demanda se trabajó con el mismo porcentaje de incremento de 10 % anual.

Método utilizando la fórmula del valor compuesto.

Se aplica la formula número 1 del documento.

3.6.3 *Resultado de la oferta proyectada*

Datos

VP= 7200 unidades.

i= 10%

n= (proyección a 5 años).

Tabla 17. Oferta proyectada

Años	Oferta proyectada
2015	7200
2016	7920
2017	8712
2018	9584
2019	10543
2020	11598

Fuente: Autores

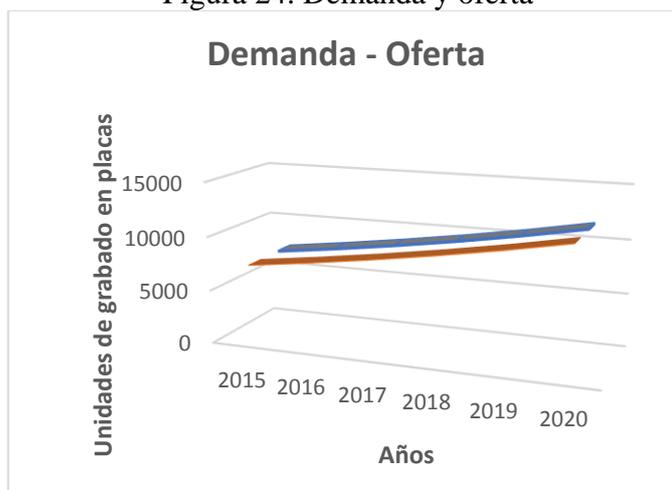
Figura 23. Oferta proyectada



Fuente: Autores

Se estableció que la oferta para el grabado en placas se vende en mayor cantidad según el tiempo, esto se debe a que el índice de crecimiento poblacional aumenta cada año, además se determinó que para el año 2020 la venta de grabado supera las 10000 placas anuales.

Figura 24. Demanda y oferta



Fuente: Autores

Se determinó que la demanda es igual a la oferta, es decir que todo lo que se fabrica se vende teniendo una demanda saturada, esto se debe a que la producción de grabado en placas es bajo pedido.

3.7 Demanda insatisfecha

Para conocer cuál es la demanda insatisfecha relacionamos los datos anteriormente analizados de la siguiente forma:

$$DI = OP - DP \quad (2)$$

Dónde:

DI = demanda insatisfecha.

OP = oferta.

DP = demanda.

Tabla 18. Demanda insatisfecha

Años	Oferta proyectada	Demanda proyectada	Demanda insatisfecha
2015	7200	7200	0
2016	7920	7920	0
2017	8712	8712	0
2018	9584	9584	0
2019	10543	10543	0
2020	11598	11598	0

Fuente: Autores

3.8 Análisis de la demanda insatisfecha

De acuerdo con los resultados existe demanda satisfecha o demanda saturada, esto significa que los productos de grabado que se fabrican es exactamente lo que se requiere para los clientes o consumidores, esto se debe a que los talleres que realizan el proceso de grabado en placas se lo establecen bajo pedido.

Una de las condiciones importantes que se debe tener en consideración para utilizar la tecnología CNC es que será rentable siempre y cuando la producción se la realice en serie y tomando en consideración repetitividad y complejidad de la producción durante el año y si no tiene una mayor complejidad es necesario utilizar máquinas convencionales.

Por motivos de los altos costos de una máquina CNC no es recomendable utilizarla si el proceso se lo realiza bajo pedido, se debe establecer un estudio de mercado más detallado y con nuevas ideas de innovación para que la producción se la realice en serie y de esta manera aumente la productividad.

3.9 Innovación en el proceso de grabado artístico en placas.

Con la innovación de prototipos o productos aplicando máquinas de control numérico para el proceso de grabado en placas hace que se aumenta la productividad y la eficiencia del proceso, el objetivo es proporcionar a los clientes o consumidores una variedad de diseños en alto relieve con altos estándares de calidad y a precios que estén a su alcance.

Con esta iniciativa la demanda se convierte en una demanda no saturada y la tasa de crecimiento en la elaboración de productos de grabado aumentaría considerablemente obteniendo una satisfacción tanto para los microempresarios como para los clientes.

Con las máquinas CNC se puede realizar varias aplicaciones de grabado metálico artístico con alta precisión, menor tiempo de fabricación, altos estándares de calidad y a los menores precios de venta al mercado.

Entre las aplicaciones más destacadas tenemos: regalos de negocios, llaveros, piezas metálicas, trofeos, medallas, monedas, escudos, placas funerarias, alfabeto braille, grabado de fotografías, rotulación, sellos, anillos, placas, herramienta estampadora, etc.

3.10 El producto

Con la aplicación de la tecnología CNC se quiere obtener la elaboración de una placa con su respectivo diseño que lo establece en cliente potencial, con una variedad de dimensiones y estilos, la finalidad es comparar la calidad, tiempo, precisión y la fiabilidad en la fabricación de grabado en placas entre las máquinas tradicionales y tecnología CNC.

El prototipo a realizar como manera demostrativa aplicando la tecnología CNC es la elaboración del grabado artístico en placas, el cual consta del logo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el logo de la Escuela de Ingeniería Industrial y los nombres de todos los estudiantes que están realizando las respectivas tesis con tecnología CNC en una placa de aluminio anodizado.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA CNC, EN MODELADO DE PRODUCTOS DE GRABADO METÁLICO A PARTIR DE UN DISEÑO CAD

4.1 Modelación del proceso de fabricación

4.1.1 Selección del software para la modelación y obtención de códigos G y M. Para la elección adecuada, debido a los beneficios en costo con un programa didáctico para las configuraciones y selecciones de parámetros adecuadas de mecanizado se escogió entre una gran variedad de software a BobCAD-CAM como el software que mayor cantidad de beneficios presenta con respecto a sus competidores directos en el mercado.

Figura 25. BobCAD-CAM



Fuente: Autores

BobCAD-CAM es una serie de herramientas específicas para las diferentes necesidades como:

- Diseñar figuras geométricas en 2D y 3D así como la realización de planos de dibujo.
- Modelador de superficies.
- Programador de 3 y multi ejes
- Programador para tornos de control numérico
- Tiene herramientas de simulación para la verificación de errores

Debido a su programación y a su gran variedad de herramientas es un programa versátil y ajustable a las necesidades del usuario, este programa muestra grandes ventajas en las que esta mayor productividad y flujo de trabajo ya que optimiza los procesos de fabricación CNC, el árbol gestor de las carpetas de CAM ayuda a administrar las operaciones en diferentes carpetas con el nombre de la acción que se ha realizado, cabe recalcar el control sobre las acciones, coordenadas de trabajo, herramientas, la organización de las carpetas ya sea para copiar las operaciones, cambiar su secuencia, realizar los trazos, de esa manera se podrán actualizar fácilmente.

La automatización de la programación es más fácil debido a que muestra un asistente para la configuración de los parámetros como: compensaciones, estilos de trayectoria, material y más.

Bob ART es una aplicación de BobCAD-CAM que permite convertir una imagen en un modelo 3D que puede ser mecanizado en un sin número de formas, también BobCAD-CAM muestra una simulación adecuada para la inspección de errores previo al mecanizado real, esto muestra errores que puede ser perjudiciales para la máquina, herramienta y materiales que implican elevados costos.

En la programación con un Software de Mecanizado se requiere definir el área de mecanizado. Esto típicamente se hace mediante el uso de límites. Esto puede ser laborioso y complicado.

BobCAD-CAM tiene la propiedad que automáticamente reconoce y calcula las áreas de corte. Ya sean desbastes, vaciados, acabados, o agujeros. BobCAD-CAM lo identifica solo.

También, el usuario tiene la opción de definir sus propias áreas para mecanizar desde la selección de superficies. Simplemente selecciona la superficie dentro de un diseño y el BobCAD-CAM reconocerá ese espacio para mecanizar. Esta función es muy útil para trabajar piezas pre fabricadas.

Lo que se refiere a desbaste adaptable es una estrategia de vaciado de alta velocidad para fresas de 3 ejes. El Vaciado de alta velocidad se agregara a la opción de trazo de herramientas de desbaste adaptable dentro de la función de desbaste avanzado para 3 ejes.

La función de desbaste ahorra tiempo al usuario ya que el desbaste va a mecanizar de una manera más organizada y eficiente sin movimientos rápidos innecesarios de un lado al otro.

BobCAD-CAM puede competir fácilmente con cualquier sistema de diseño industrial en el mercado, ofreciendo aplicaciones como generación de sólidos y superficies, trabajo de dimensiones y planos, generadores automáticos de engranajes, piñones, entre otras.

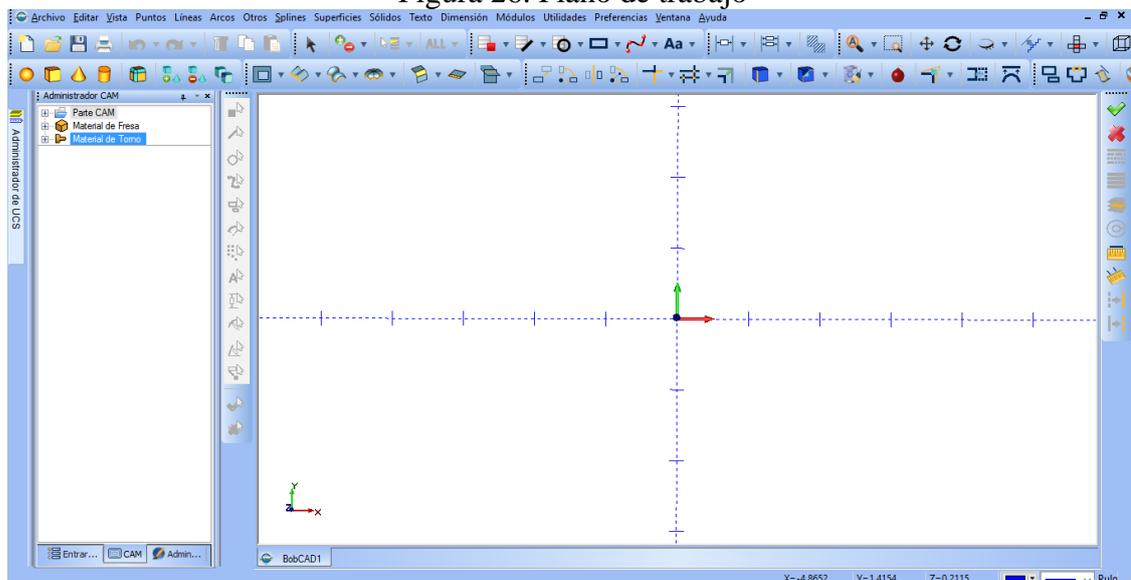
También BobCAD-CAM posee la capacidad de comunicarse con diferentes estilos de máquinas CNC como ruteadoras para la industria de grabado de madera, corte con láser para el sector publicitario, waterjets y plasmas para empresas que requieren alta producción o fresadoras y tornos para las empresas que hacen prototipos y moldes.

4.1.2 *Diseño asistido por computador.*

4.1.2.1 Herramientas de modelación. Para la modelación del proceso de grabado metálico, se usó el programa BobCAD-CAM para la generación de los códigos G que ayudó a procesar la gran cantidad de información de mecanizado.

Se inició con el diseño de una figura en dos dimensiones en el área de trabajo de BobCAD-CAM como se observa en la figura.

Figura 26. Plano de trabajo

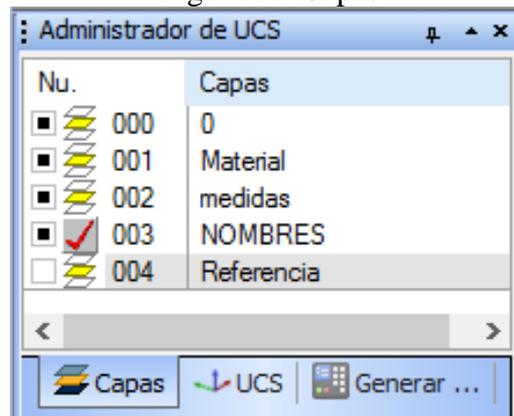


Fuente: Autores

- **Capas**

La función de capas que ayuda a identificar por colores las diferentes líneas en la que se va a trabajar es de gran utilidad cuando se tiene varias cantidades de líneas se puede ocultar y luego mostrarlas al finalizar el trabajo.

Figura 27. Capas



Fuente: Autores

Para la realización del trabajo es necesario realizar los trazos, los diferentes nombres con diferentes capas y colores para poder diferenciar las varias operaciones o en el caso de eliminar acciones por capas. Se añade capas o cambiar colores con la ventana en la parte izquierda de la pantalla como se observa en la figura.

Figura 28. Capas para las diferentes acciones

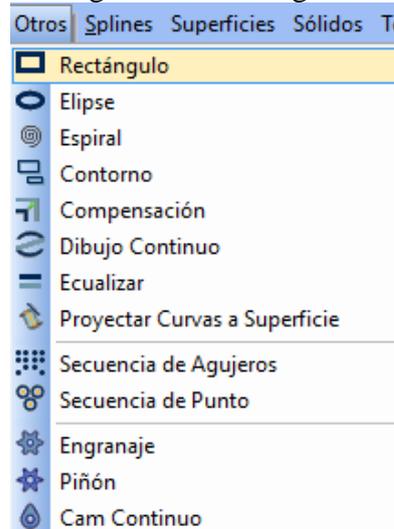


Fuente: Autores

- **Rectángulo**

En la barra de herramientas en la pestaña de “otros” se encuentra la función rectángulo que permite la elaboración de rectángulos ya sea ingresando el origen en los ejes X,Y o Z, introduciendo sus dimensiones o dibujando.

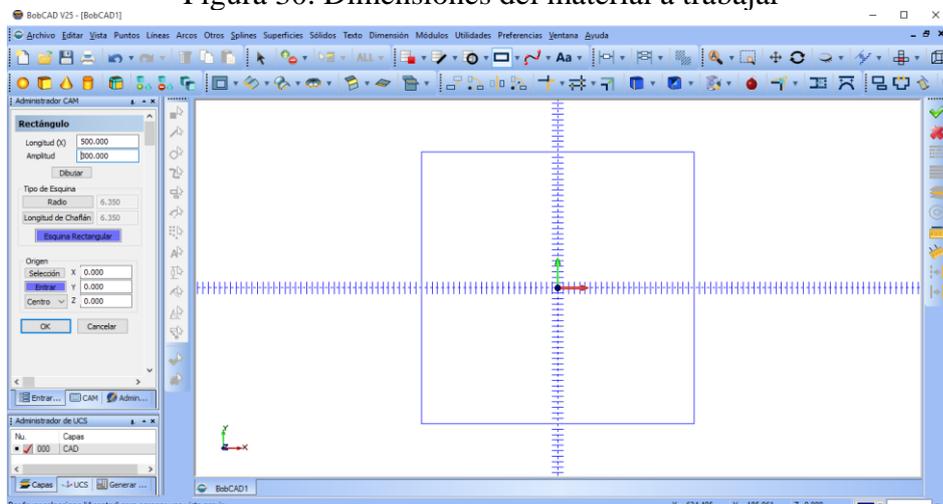
Figura 29. Rectangulo



Fuente: Autores

En el área de trabajo se graficó un cuadrado que será las dimensiones del perímetro de la placa, cabe mencionar que para el gráfico las unidades de medida están en mm, con lo cual se ubicó un punto de origen y se ingresó sus diferentes dimensiones y se obtuvo el grafico como se observa en la siguiente figura.

Figura 30. Dimensiones del material a trabajar

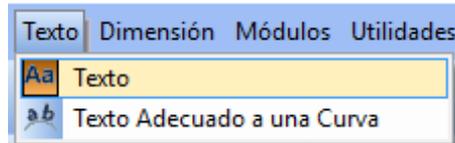


Fuente: Autores

- **Texto**

En la barra de herramientas se encuentra la pestaña de texto como se observa en la siguiente figura, la cual permite elaborar texto en línea o en base a una curva, en este caso se ingresó el texto en forma lineal.

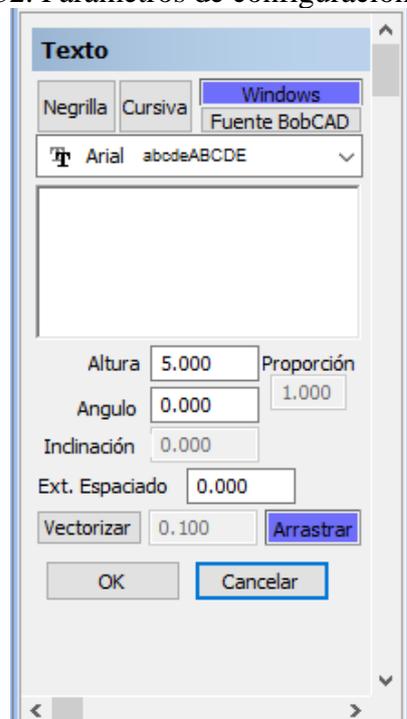
Figura 31. Texto



Fuente: Autores

Una vez que se obtuvo el cuadrante en el que se va a trabajar se ingresó el texto que se necesitaba con un clic en la pestaña texto, la cual abre una pestaña en la parte izquierda de la ventana en la cual se ingresó el texto en este caso el nombre de la institución y los nombres del grupo de adquisición del CNC.

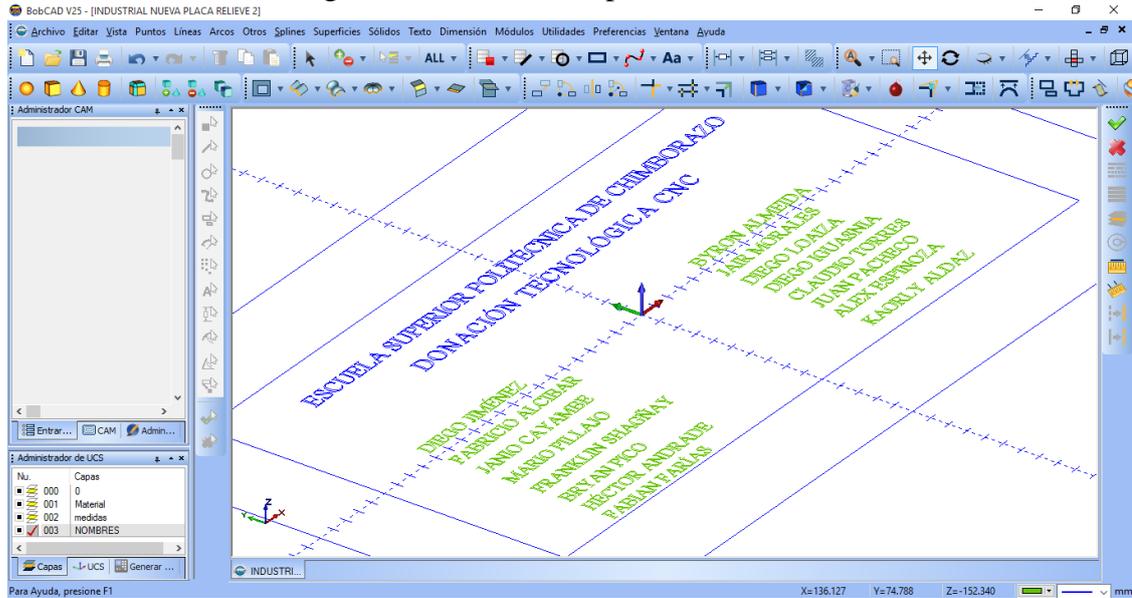
Figura 32. Parámetros de configuración del texto



Fuente: Autores

Una vez ingresado el texto se ubicó de acuerdo al diseño tomando en cuenta las dimensiones y características estéticas para una placa como se observa en la figura.

Figura 33. Diseño de la placa con nombres

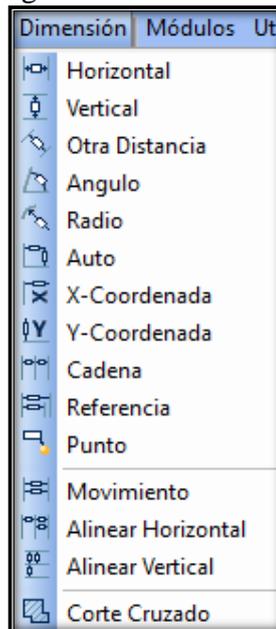


Fuente: Autores

- **Dimensiones**

En la pestaña de la barra de herramientas se encuentra la opción de dimensiones con la cual se acoto las dimensiones entre márgenes y texto de acuerdo a las necesidades como: dimensiones verticales, dimensiones horizontales, ángulos, radio, cadena, referencia y más.

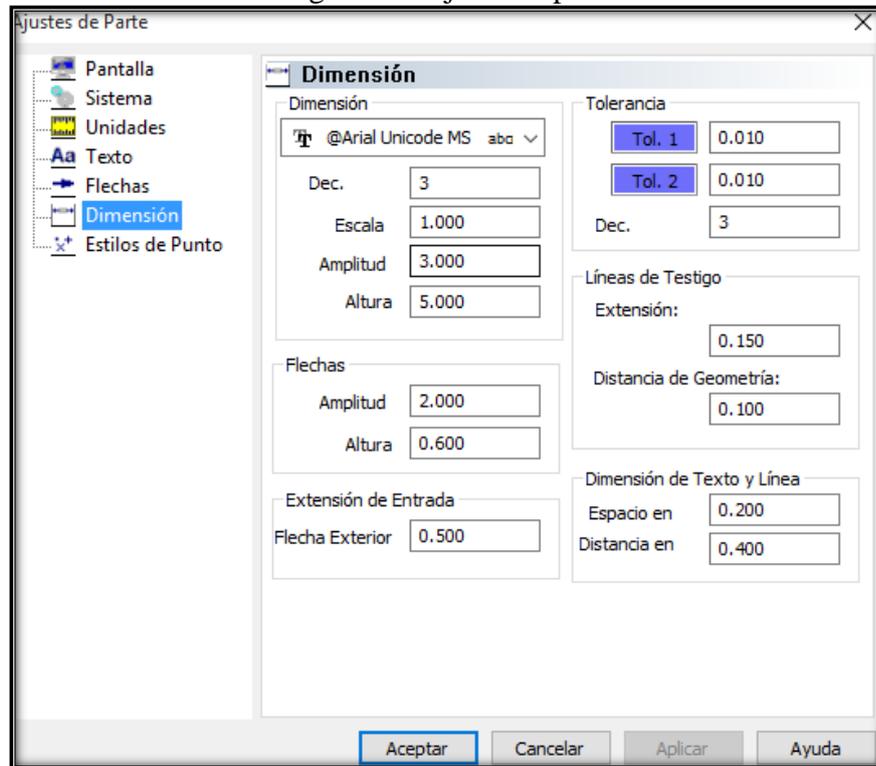
Figura 34. Dimensiones



Fuente: Autores

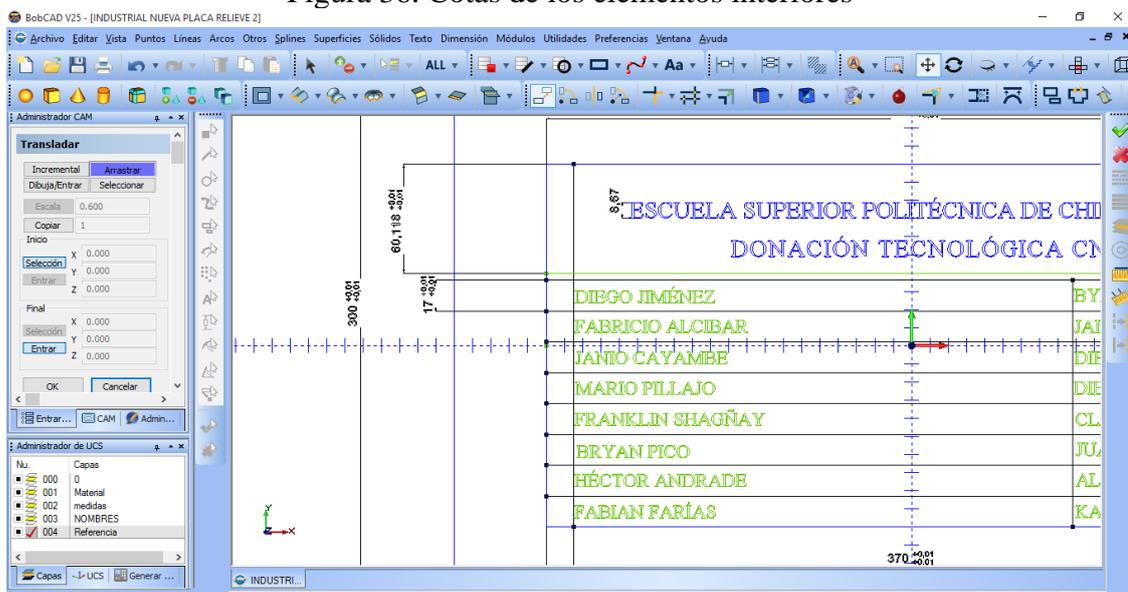
Se ingresó las dimensiones del texto y márgenes, se pudo elegir las cotas con tolerancias o sin ellas, esto se lo realizo en “Preferencias” ya sea “en parte” o “por defecto”, cuando se habla de parte quiere decir ajustes únicamente para el proyecto actual y por defecto para todos los proyectos que se realice.

Figura 35. Ajuste de parte



Fuente: Autores

Figura 36. Cotas de los elementos interiores

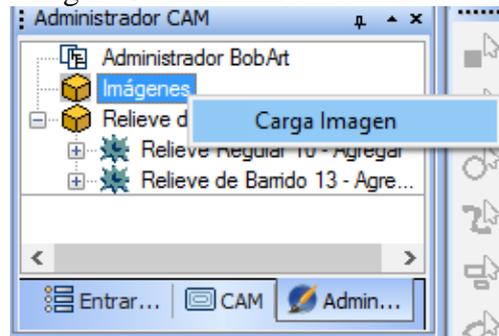


Fuente: Autores

- **Vectorizar**

Vectorizar es la conversión de datos en este caso de imagen a un formato de vector para que el programa asimile los datos en su lenguaje propio. Para el ingreso de imágenes es necesario vectorizar los elementos para ello se usa en la pestaña “Administrador de Bob Art” del lado izquierdo de la pantalla, esta pestaña permite ingresar imágenes y dar relieve a los diseños.

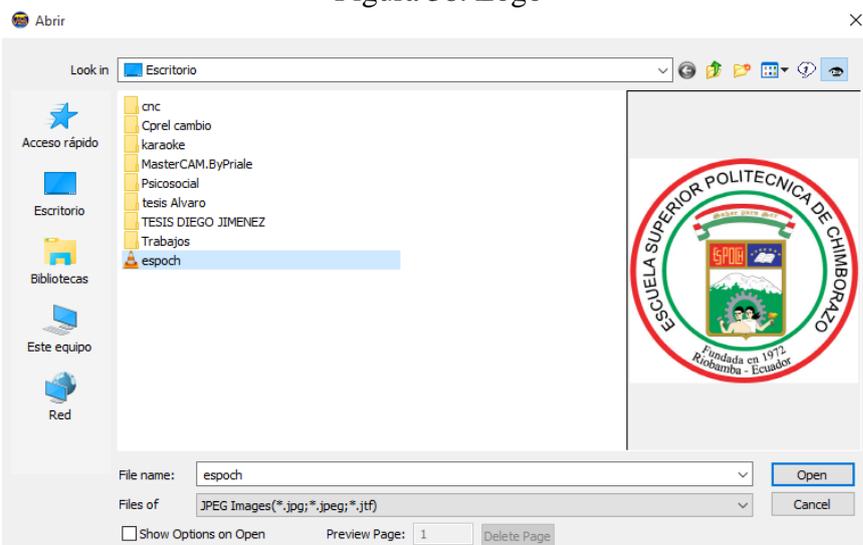
Figura 37. Administrador BobaArt



Fuente: Autores

Para las necesidades de diseño se insertó el logo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como se observa en la siguiente figura.

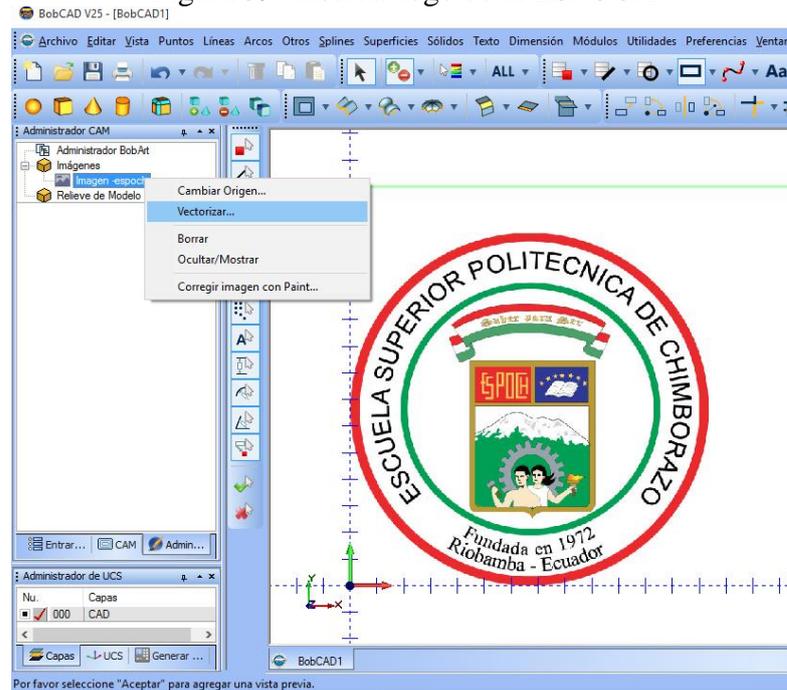
Figura 38. Logo



Fuente: Autores

Una vez insertada la imagen, con un clic derecho en la imagen muestra varias opciones entre ellas la opción de vectorizar que en este caso es lo que se necesita.

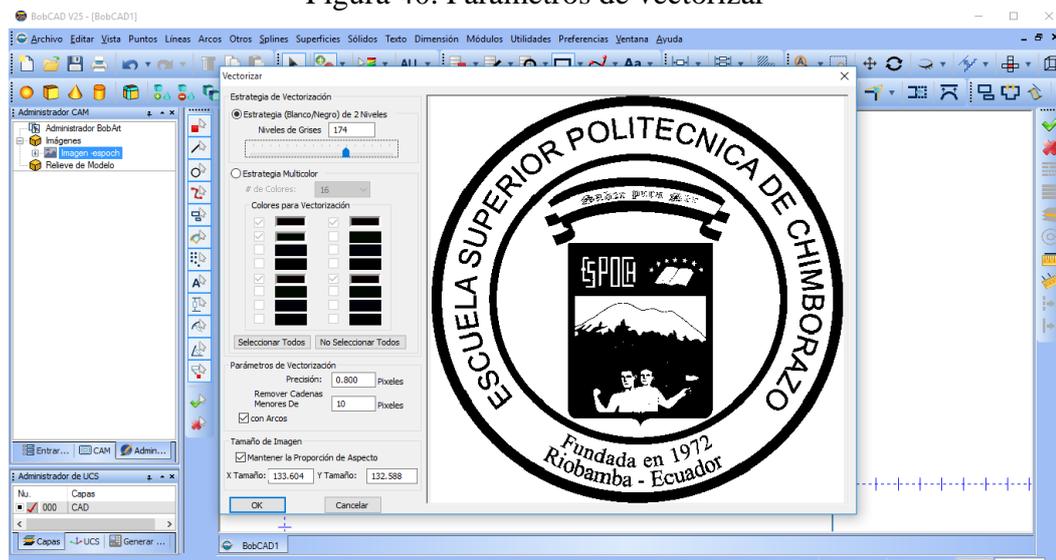
Figura 39. Insertar logo de la ESPOCH



Fuente: Autores

Al seleccionar vectorizar, se abre una ventana la cual indica los parámetros a modificar como: niveles de grises, precisión, tamaño de la imagen, estos parámetros es necesario modificar para conseguir una vectorización aproximada a la imagen real.

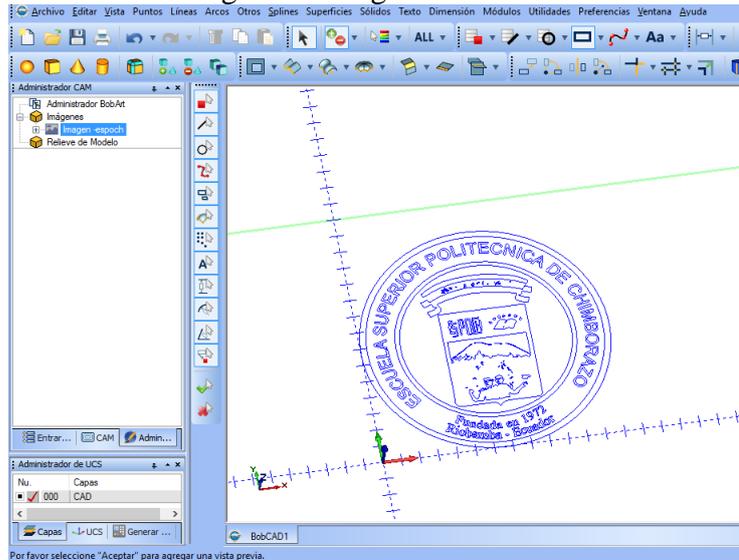
Figura 40. Parámetros de vectorizar



Fuente: Autores

Como resultado se obtuvo nuestra imagen vectorizada como se puede observar en la siguiente figura, el resultado de vectorizar va a depender de la resolución de la imagen.

Figura 41. Logo vectorizado



Fuente: Autores

Una vez que se obtuvo la imagen se la ubico en el diseño final de la placa como se observa en la figura.

- **Filete**

Para la realización de filetes dentro del programa se debe tener las entidades unidas ya que si no se encuentran unidas no se podrá generar el filete. Con un clic en la barra de herramientas en la pestaña “Arcos” se selecciona la opción “Filete”

Figura 42. Filete



Fuente: Autores

Una vez seleccionado se introdujo el radio correspondiente al filete para tener el resultado final.

Figura 43. Diseño Final



Fuente: Autores

4.1.3 Máquina CNC. Las máquinas CNC es un proceso usado en el sector de la manufactura que involucra el uso de computadoras hacia una máquina de control de herramientas, por lo que se conoce CNC como acrónimo de “Computer Numerical Control” ya que en la superficie, puede parecer como un PC normal que controla las máquinas, pero el software y el control de la consola única del computador son lo que realmente establece el sistema de apartado para el uso en el mecanizado CNC. Entre los ejemplos de máquinas CNC se pueden establecer como son: tornos, molinos, fresadora, cortadora, soldadora.

Un programa de computadora es la medida para un objeto y las máquinas se programan con CNC idioma mecanizado (llamado G-código) que, básicamente, controla todas las características como la velocidad de alimentación, la coordinación, la ubicación y la velocidad de avance. Con el mecanizado CNC, el ordenador puede controlar el posicionamiento exacto y velocidad, dentro de los materiales que se pueden trabajar están: madera, polímeros, madera, maleables, etc

Es importante mencionar las ventajas que implica una máquina CNC como son:

- Aumento de la productividad de las máquinas.

- Debido a la fiabilidad y confiabilidad de las máquinas CNC se puede reducir tiempo y gastos en control de calidad.
- Facilidad para la elaboración de piezas más complejas que sería imposible elaborar de forma manual.
- Seguridad en la fabricación de piezas
- Precisión, aumenta la precisión de la máquina herramienta CNC con respecto a máquinas convencionales de uso manual, ya que se pueden repetir varias veces el mismo proceso

Se puede mencionar que una de las desventajas que limita el uso es que la producción debe ser en serie y no bajo pedido

Se inicia con un dibujo CAD se crea (2D o 3D) y luego se crea un código que la máquina CNC entenderá. El programa se carga y finalmente un operador ejecuta una prueba del programa para asegurarse de que no hay problemas. Este periodo de prueba se conoce como "aire de corte" y es un paso importante, ya que cualquier error con la velocidad y la posición de la herramienta podrían resultar en una parte raspada o una máquina dañada.

La lista de las instrucciones del programa CNC se deben realizar en el orden en que se escriben ya que la máquina los lee como un libro, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, cada frase en un programa CNC se escribe en una línea distinta en este caso llamado Bloque. Los bloques se disponen en una secuencia específica que promueva la seguridad, la previsibilidad y la legibilidad, por lo que es importante seguir una estructura de programa estándar.

Típicamente, los bloques están dispuestos en el orden siguiente:

- Programa de inicio
- Herramienta de carga
- El husillo
- Refrigerante

- Mecanizado
- Refrigerante Off
- Husillo Off
- Mover a la posición de seguridad
- Fin del programa

Los pasos indicados anteriormente representan el tipo más simple de programa de CNC, en donde sólo se utiliza una herramienta y una operación realizada.

Figura 44. CNC



Fuente: Autores

La máquina integra una computadora y un sistema operativo Bridgeport de control numérico, el PC combina la capacidad de todas las funciones del computador con una pantalla VGA a color múltiple que guía al usuario a través de todas las funciones. Las varias funciones de la máquina son seleccionadas con las teclas numéricas y botones de función en el teclado. Las teclas necesarias para realizar las funciones necesarias del operador están vinculadas a códigos de color en la pantalla.

En el editor de pantalla incorpora un código G de modo conversacional que pide al operador la información requerida para ejecutar el comando de la máquina. La pantalla provee ayuda seleccionable por el usuario que proporciona información detallada sobre los códigos G introducidos. El editor subministra un modo MDI (Manual de ingreso de datos) de inmediato para ejecutar un bloque programado de datos, después es actualizado en la pantalla. Las características de la máquina cuentan con una extensible selección de

ciclos fijos que permite una sencilla ejecución de ciclos frecuentes tales como: diámetro de tornillos, agujeros múltiples y perforación de límites, muescas, marco, pockets con un sencillo bloques de programación.

El control incluye todas las características estándar de alto rendimiento asociadas con el sistema operativo Bridgeport y 10 controles como:

- 3D linear, 2D circular, helicoidal e interpolación en espiral
- XYZ/ coordenadas esféricas y polares
- Compensación de corte en el redondeo automático de vértices
- Programación paramétrica que incluye funciones algebraicas y trigonométricas y la ejecución del bloque condicional SI-ENTONCES
- Programación repetitiva usando técnicas looping y Macros con llamado de variables modificables.
- 256000 caracteres de parte del almacenamiento del programa.
- La transferencia de información DNC entre la PC basado en el inicio y final, la máquina CNC la cual controla programas de longitud ilimitada para ser ejecutadas desde el disco.

4.1.3.1 Basic Hardware. La máquina consiste en tres partes y basado en un microprocesador coordinado en sub-sistemas.

Estos son:

- **PC:** Este es un PC IBM totalmente integrado, la computadora compatibles con los controladores físicos para un disco duro, un disquet de 3.5 in de 144 Mbyte, un monitor a color de 14'' VGA con una resolución de 640x480 pixeles, un teclado alfanumérico, y un puerto serial RS-232. El primordial propósito del PC es servir de interfaz del sistema con el usuario.

- **BMDC:** Es una tarjeta Motorola de microprocesador 68030. La tarjeta BMDC realiza las funciones de procesamiento que controla el posicionamiento de los ejes X,Y,Z y C. La tarjeta BMDC también monitorea las coordenadas y el estado de todos los procesos relacionados de la máquina herramienta.
- **AUF:** Es una tarjeta que se basa en el micro procesamiento del control de las funciones auxiliares. La AUF provee las señales que condicionan las entradas y salidas que realiza varias funciones de la máquina tales como: usillo, control del refrigerante, velocidad y control de la velocidad del husillo.

La AUF es conectada vía serial interna vinculada a la BMCD.

- **Consola del operador:** La consola del operador consiste en un monitor VGA colgante montado, un teclado y botones de control. Aquellos botones son usados para operar todas las funciones del CNC.

Figura 45. Control CNC



Fuente: <http://goo.gl/gDjNFI>

El monitor a color VGA se visualiza los menús de la pantalla desde el cual el operador puede seleccionar las funciones de control.

El teclado proporciona los medios básicos para la comunicación con el control, los mandos están organizados dentro de cinco grupos que son:

- Teclado principal
- Teclado numérico
- Teclas de función
- Teclas de control de la pantalla
- Teclas especiales

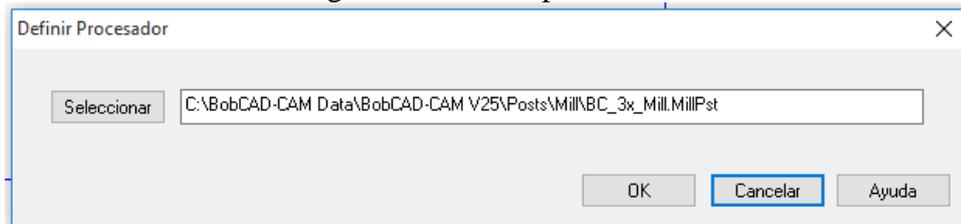
CAPÍTULO V

5. PROGRAMACIÓN CNC, SIMULACIÓN DEL MECANIZADO Y ELABORACIÓN DE GRABADO METÁLICO.

5.1 Selección de la máquina.

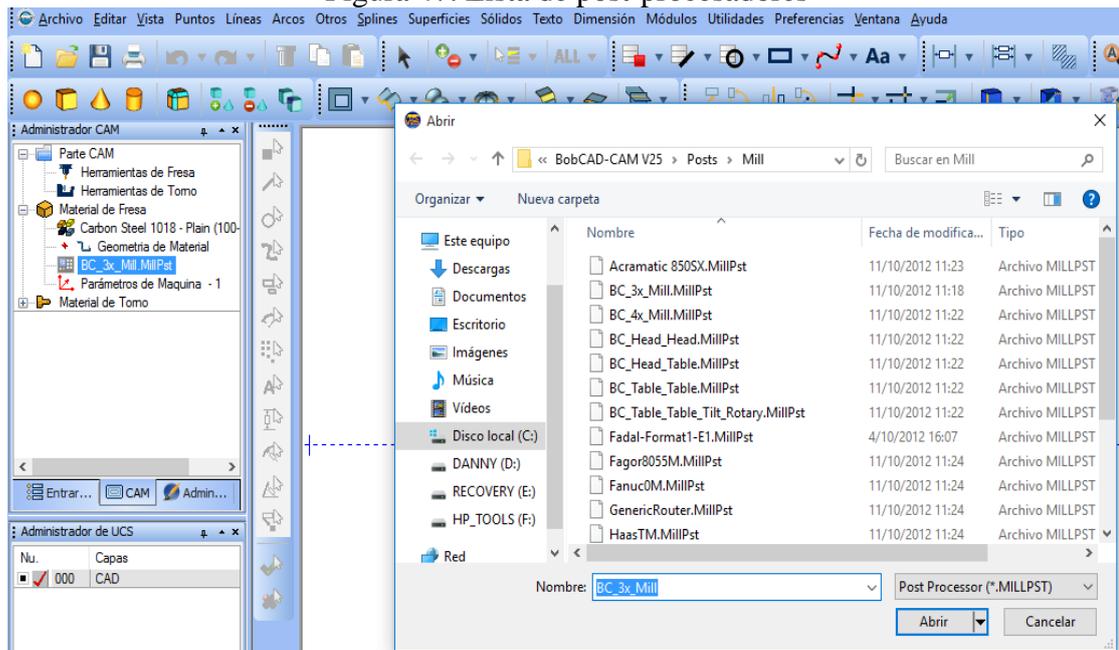
Para seleccionar la máquina en la que se va a elaborar el diseño y así obtener los códigos G, se despliega las opciones de material de fresa, en la cual se observa el nombre del controlador de la máquina, con un clic derecho se visualiza la opción de editar, la cual permite elegir el controlador de acuerdo a la marca y tipo de máquina que se está utilizando, para ello se debe saber el post procesador de la máquina CNC.

Figura 46. Definir procesador



Fuente: Autores

Figura 47. Lista de post-procesadores



Fuente: Autores

Es importante conocer la importancia del post-procesador de la máquina debido a que mediante esta traduce el trazo de herramienta en el lenguaje numérico conocido como códigos G compatibles con el controlador de el CNC pueda identificar y leer.

En el caso de no encontrar el post-procesador en el listado predeterminado de BobCAD-CAM es necesario descargar el procesador, para ello se ingresa la versión del programa, el tipo de máquina y la marca del controlador como se visualiza en la figura.

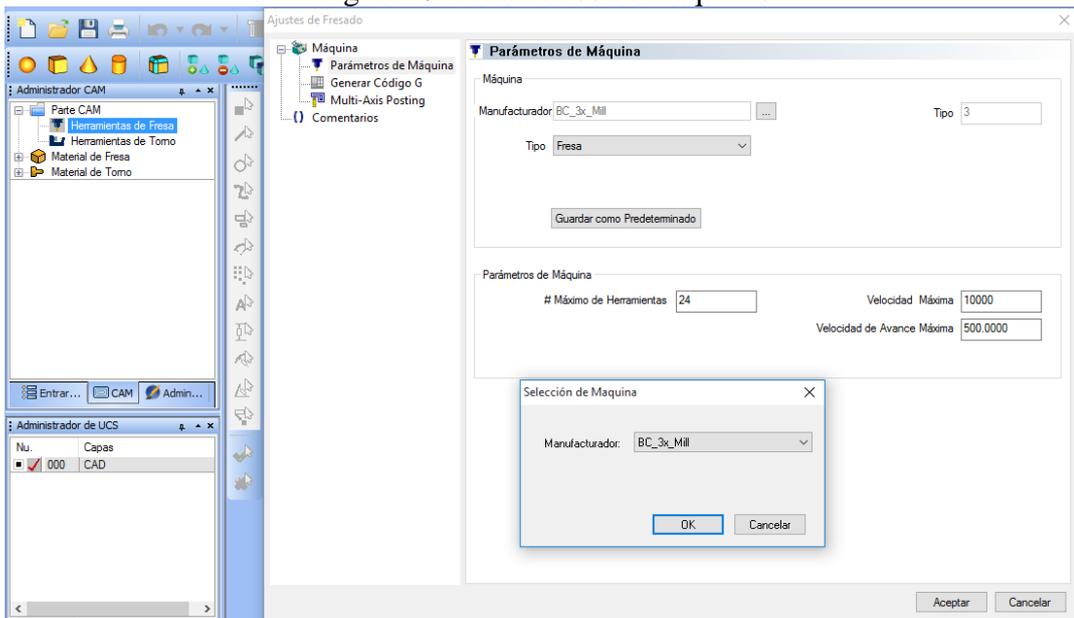
Figura 48. Ventana para descarga del procesador



Fuente: Autores

Una vez descargado el procesador se instala, al abrir el programa y ya seleccionado el procesador, se encontrara en la lista de procesadores que por defecto ya se encuentran en BobCAD-CAM

Figura 49. Parámetros de máquinas



Fuente: Autores

Una manera diferente de modificar los parámetros de la máquina es con un clic derecho sobre herramienta de fresa, en la cual se encuentra la ventana que se observa en la siguiente figura, en la que se debe ingresar el fabricante, ya sea fresa, torno, waterjet o más numero de herramientas.

5.2 Configuración del equipo a utilizar

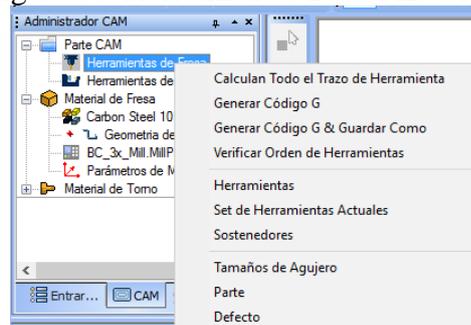
Las características que presenta BobCAD-CAM para mecanizar son múltiples ya sea de fresadora o torno, en este caso se debe familiarizar con las configuraciones adecuadas para nuestra fresadora por ello es necesario conocer y establecer estos atributos necesarios e indispensables para un buen mecanizado como son:

- La librería de herramientas
- Selección y modificación de material
- Condiciones de corte
- Configuración de herramientas
- Archivos de mecanizado
- Bob ART

5.3 Librería de herramientas y condiciones de corte

5.3.1 Herramientas de fresado. En la carpeta CAM se encuentra todas las configuraciones basadas en las herramientas, configuraciones de selección de la máquina, sostenedores de herramienta para fresa, tamaños de agujeros, condiciones de corte, secuencia de herramientas, librería de material, estas configuraciones se encuentra con un clic derecho sobre herramientas de fresa.

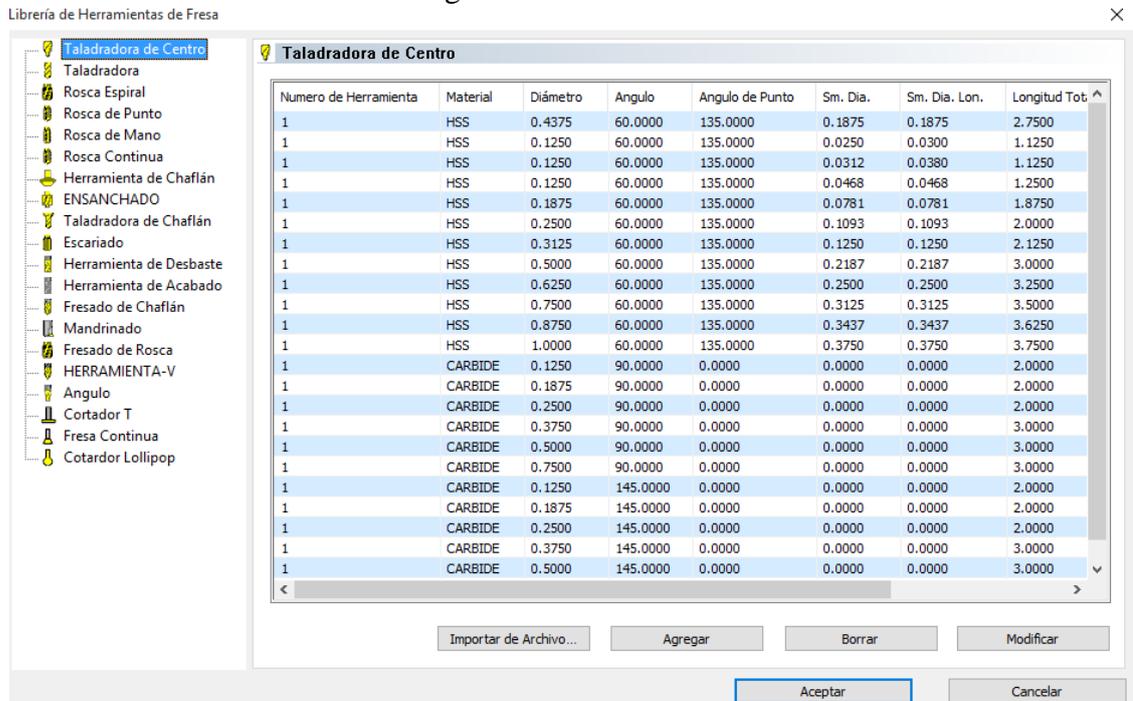
Figura 50. Herramientas BobCAD-CAM



Fuente: Autores

La librería de herramientas de fresa muestra todas las herramientas de fresado de BobCAD-CAM, la librería permite agregar herramientas, eliminar herramientas y cambiar las herramientas individuales a utilizar.

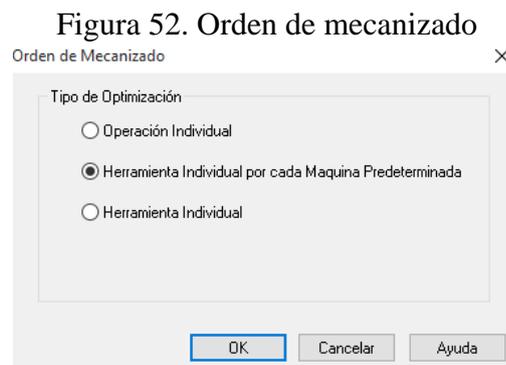
Figura 51. Herramientas



Fuente: Autores

5.3.2 Orden de herramienta. Esta herramienta permite especificar los cambios que se generen a la herramienta en el software.

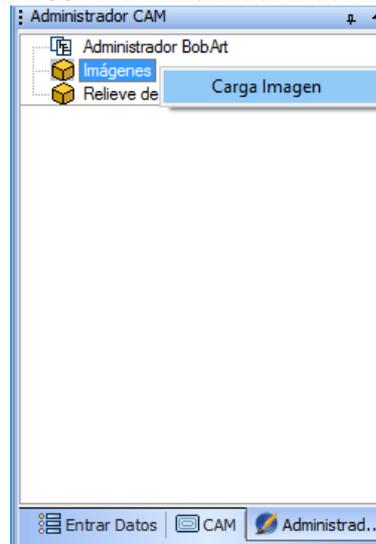
Existe ocasiones en las que es necesario aprovechar la herramienta el máximo tiempo posible, o sino en algún momento sea necesario mecanizar una parte para proceder al siguiente mecanizado, en esos casos utilizamos el orden de mecanizado.



Fuente: Autores

5.3.3 Herramientas de modelación. En el diseño del marco de la placa se puede realizar mediante spline, para el diseño de la placa se seleccionó el administrador BobArt dentro de las herramientas de modelación contamos con BobArt, esta pestaña nos brinda la opción de insertar imágenes para posteriormente ser vectorizadas, con un click derecho sobre la opción de “Imagen” se selecciona “Cargar imagen”.

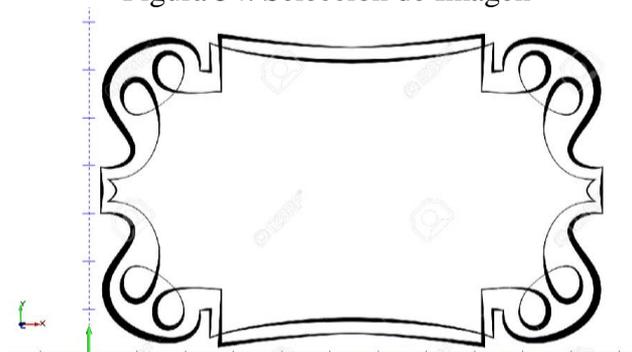
Figura 53. Administrador BobArt



Fuente: Autores

Una vez seleccionada la imagen, se modifica las propiedades medida con respecto a los ejes X, Y.

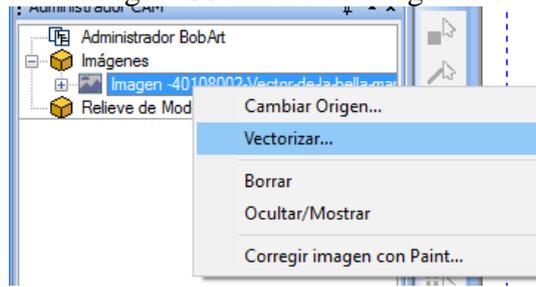
Figura 54. Selección de Imagen



Fuente: Autores

Como siguiente paso, un clic derecho sobre el nombre de la imagen en la pestaña de BobArt, aquí se genera un menú la cual presenta la acción de “Vectorizar”, y fue seleccionada como se indica en la imagen.

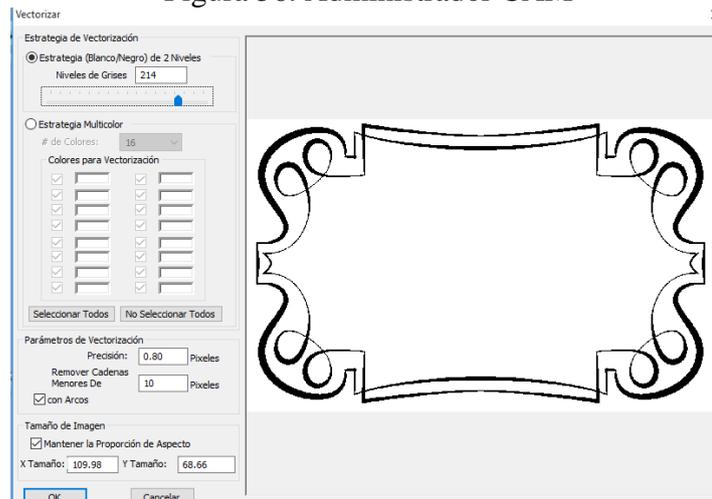
Figura 55. Menú de imagen



Fuente: Autores

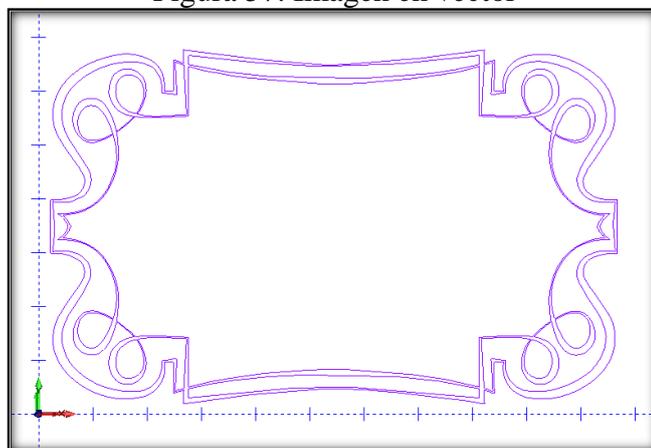
La acción de vectorizar abre una nueva ventana, en esta ventana se modifica los parámetros relacionados con: la resolución, estrategia multicolor, niveles de grises. Una vez modificado estos parámetros, se visualiza la imagen previa a ser vectorizada como se indica en la figura.

Figura 56. Administrador CAM



Fuente: Autores

Figura 57. Imagen en vector



Fuente: Autores

Una vez vectorizada la imagen, se eliminan errores generados durante esta acción y finalmente se procede a eliminar la imagen cargada para obtener como resultado vectores que definen la imagen a un lenguaje binario para ser procesado por el software y posteriormente a la máquina CNC.

5.3.4 Fusión. En la elaboración del logo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Escuela de Ingeniería Industrial se realizó en un diferente archivo al original, esto facilita la accesibilidad y manejo de datos, figuras, líneas.

Figura 58. Logo ESPOCH



Fuente: Autores

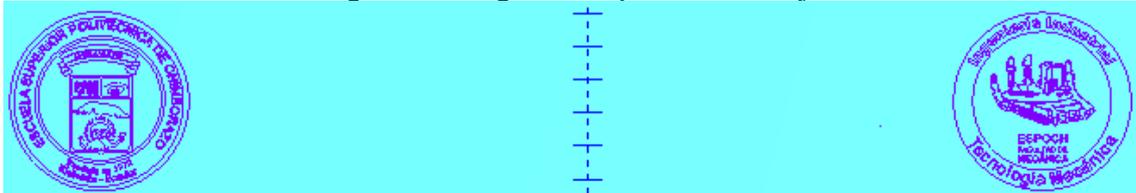
Figura 59. Logo Industrial



Fuente: Autores

Para la fusión de archivos se selecciona de la pestaña de “Archivo” la acción de “Fusión” la cual abre el archivo, en este caso el logo de la ESPOCH y de la Escuela de Ingeniería Industrial, una vez fusionados los archivos se traslada en plano de trabajo hacia la ubicación del diseño inicial como se observa en la figura.

Figura 60. Logos en el plano de trabajo



Fuente: Autores

Finalmente se ingresa el texto en el plano de trabajo con las diferentes dimensiones para tener el diseño final previo a la configuración de la simulación.

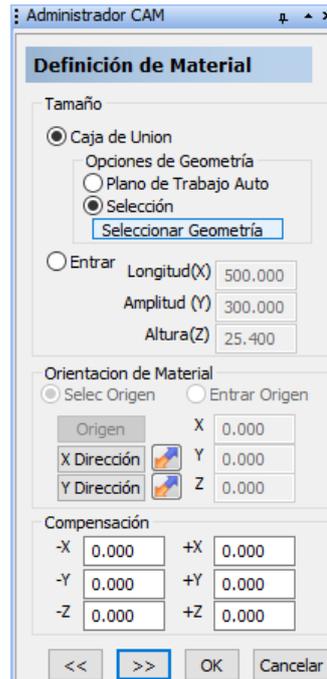
Figura 61. Diseño final



Fuente: Autores

5.3.5 Simulación. Una vez realizado la modelación de la placa, es necesario definir las dimensiones del material base en el que se va a trabajar para ello se puede seleccionar la geometría, la orientación del material, y las compensaciones.

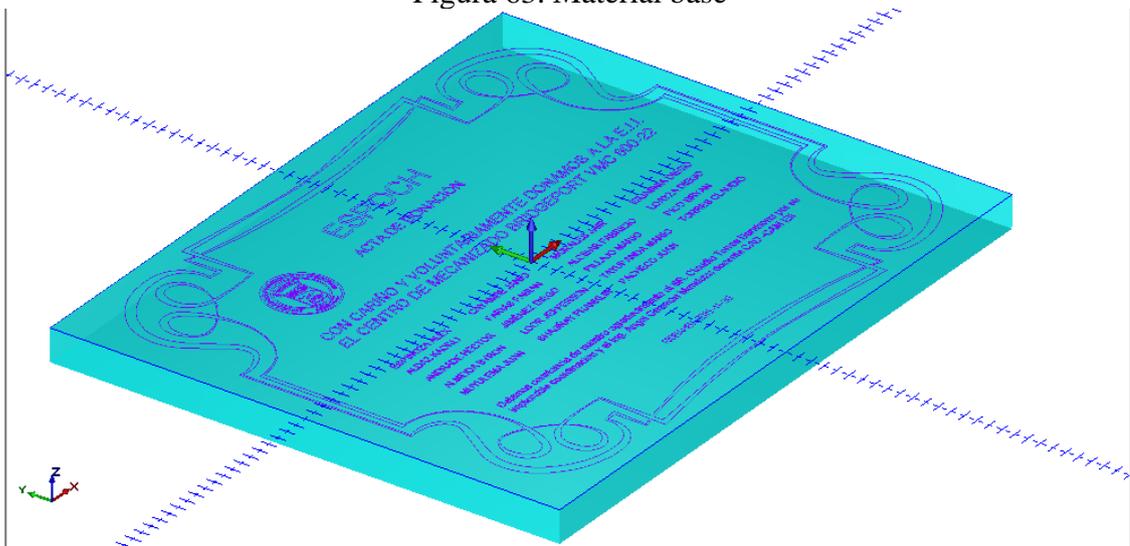
Figura 62. Definición del material



Fuente: Autores

Una vez modificado los parámetros para el material base y escogido la geometría se acepta y se tiene el material en color celeste, estos colores se pueden modificar así como también su transparencia.

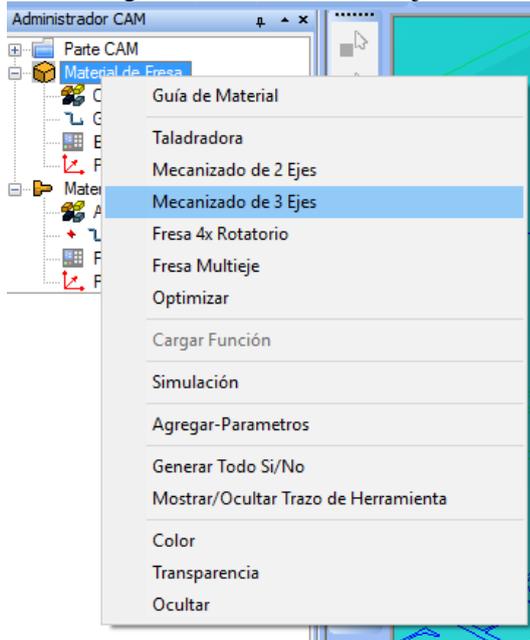
Figura 63. Material base



Fuente: Autores

Una vez realizado el material procedemos a la selección del tipo de mecanizado que puede ser en 2 ejes y 3 ejes con un clic se selecciona “Mecanizado de 3 ejes”

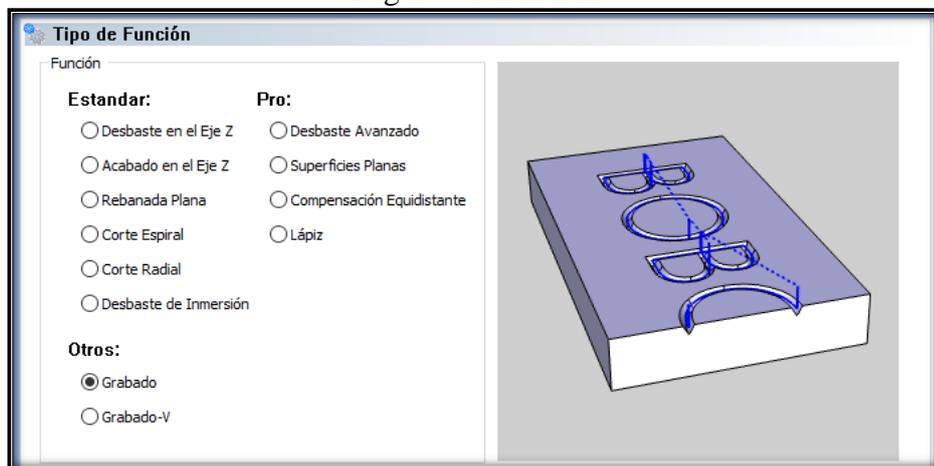
Figura 64. Selección de ejes



Fuente: Autores

Una vez seleccionado el mecanizado, abre una ventana de guía para fresado, aquí se selecciona el tipo de función a realizar, entre los tipos de función se tienen:

Figura 65. Función



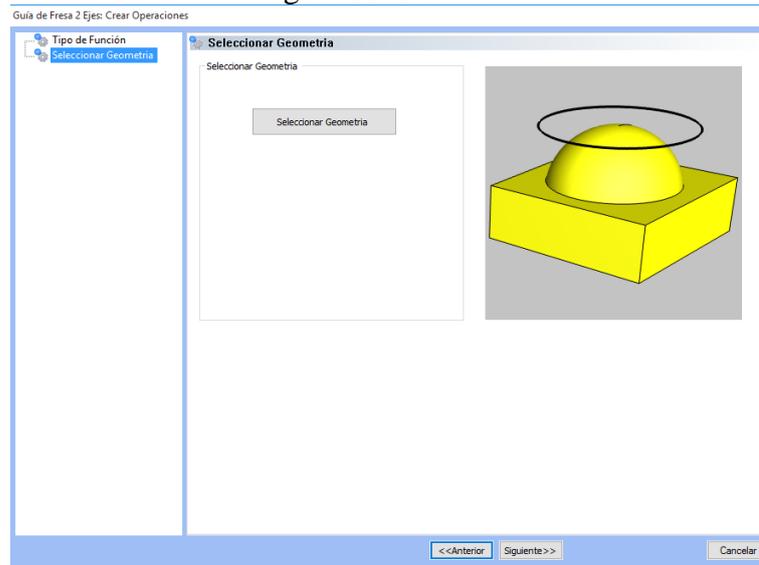
Fuente: Autores

- Desbastes en el eje Z
- Acabado en el eje Z
- Rebanada plana
- Corte espiral
- Grabado

- Corte Radial
- Desbaste de inmersión

En este caso se va a seleccionar grabado o grabado en V con un clic izquierdo se elige siguiente y se pasa a la elección del material, donde se procederá a seleccionar geometría.

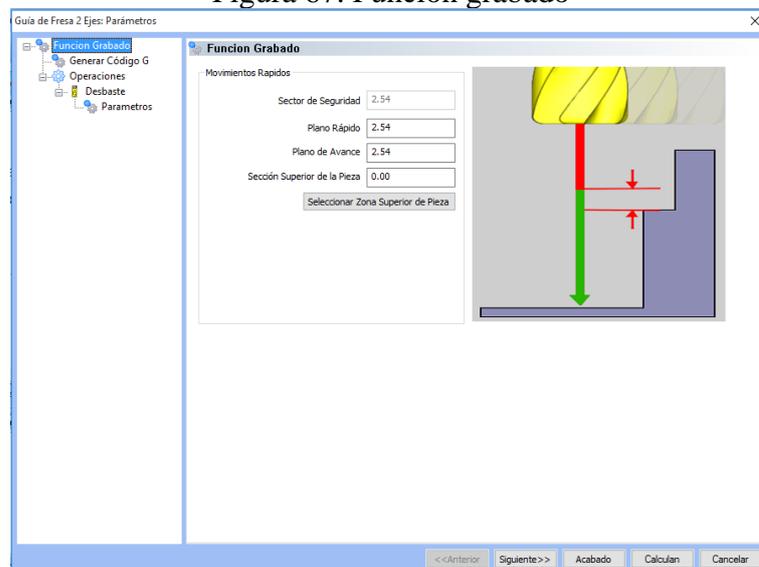
Figura 66. Geometría



Fuente: Autores

Una vez seleccionado el diseño a simular, se elige “siguiente” para continuar y modificar los parámetros correspondientes a “Grabado”

Figura 67. Función grabado

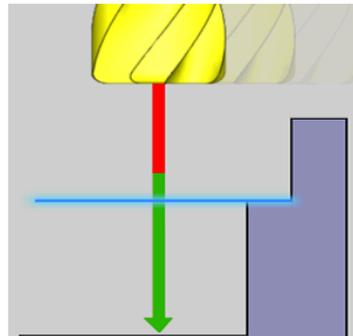


Fuente: Autores

Aquí se modifica los parámetros correspondientes a:

- Plano Rápido.- El plano rápido es la altura en que puede moverse rápidamente dentro de esta función de manera segura.
- Plano de avance.- Se le conoce la altura a la cual la herramienta se mueve rápidamente de operación a operación en una forma segura
- Sección Superior de la Pieza.- se conoce la altura de la pieza

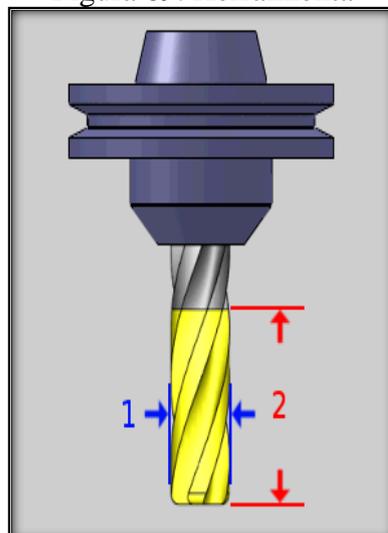
Figura 68. Profundidad a mecanizar



Fuente: Autores

Se selecciona los parámetros adecuados para el desbaste como inicio tenemos información sobre la herramienta, en estos parámetros podemos ubicar el diámetro de la herramienta, longitud de la flauta, radio de la esquina, velocidades.

Figura 69. Herramienta



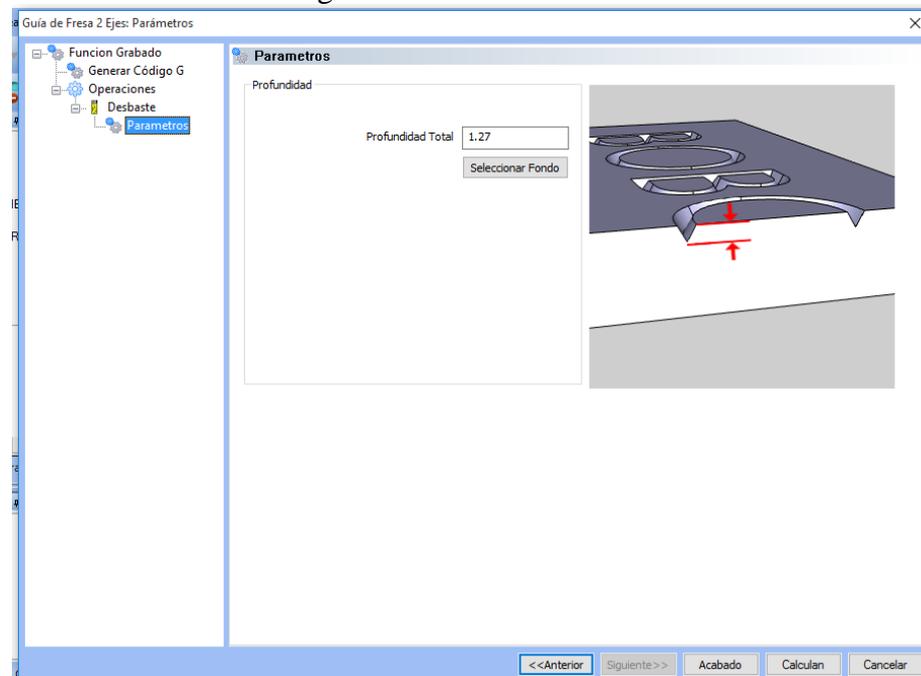
Fuente: Autores

Lo que se refiere a las herramientas y velocidades de la herramienta, el programa facilita estas velocidades y un número de herramientas que se encuentran en la biblioteca, esto se debe a que el programa ha hecho un estudio sobre velocidades en las cuales se protege a la máquina, herramienta y pieza.

5.4 Parámetros de selección de la velocidad de la herramienta

Para finalizar el proceso de grabado se selecciona la profundidad a la cual se va a introducir la herramienta.

Figura 70. Profundidad total

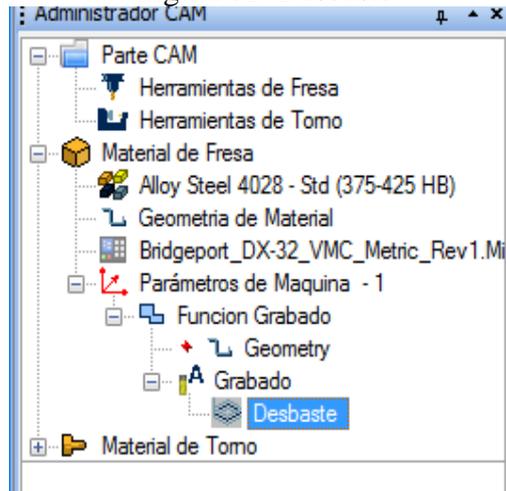


Fuente: Autores

Una vez modificado todos los parámetros se prosigue con un clic en “Acabado” para terminar la operación de desbaste de la placa, la operación que se seleccionó en este caso como es grabado se ubica en la barra del Administrador de CAM la cual permite modificar parámetros con respecto a la selección de la máquina, herramienta, material, material de la fresa y más.

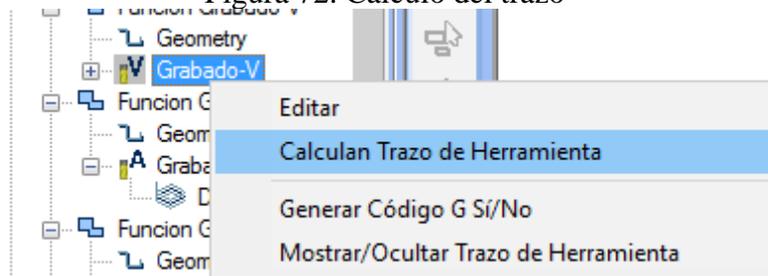
Una vez ubicado las operaciones que se ejecutan en la fresadora se procede a verificar el trazo de la herramienta para ello con un clic derecho sobre la operación que se ha creado para verificar el trazo que va a realizar la herramienta.

Figura 71. Desbaste



Fuente: Autores

Figura 72. Calculo del trazo



Fuente: Autores

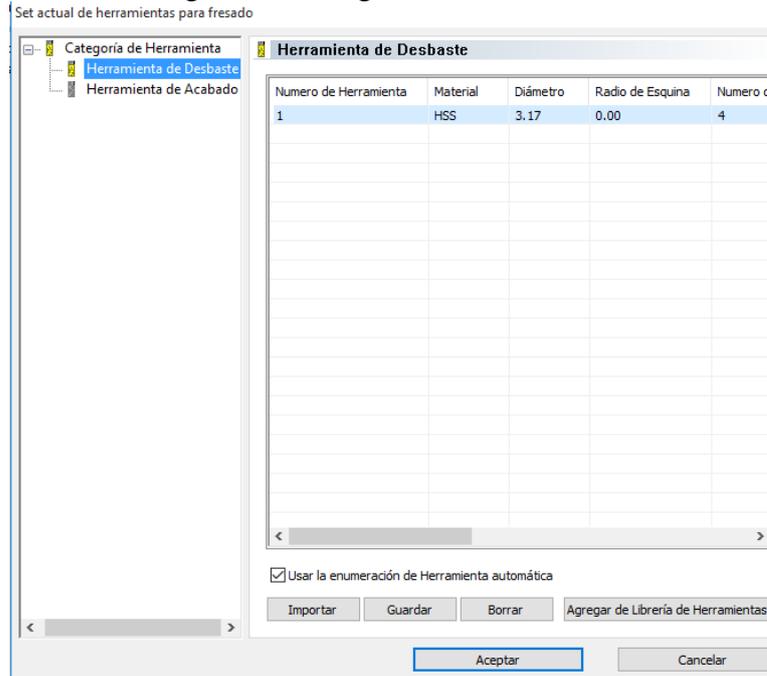
Una vez ingresado los parámetros para el grabado del diseño de la placa, se introduce los parámetros para la selección de grabado en V para dar el acabado del desbaste realizado anteriormente.

De igual manera se selecciona el tipo de mecanizado que anteriormente se seleccionó para el grabado.

En la acción de grabado se cuenta con dos tipos de herramientas que incluyen por defecto como son: herramientas de desbaste y herramientas de acabado.

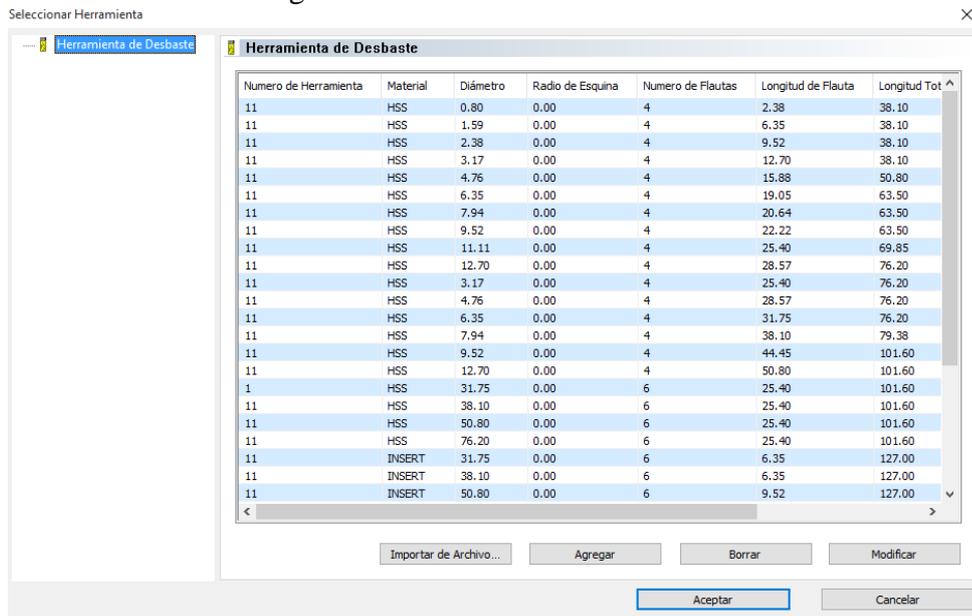
En el caso de no observar la herramienta en la lista actual se agrega de forma manual con un clic en “Agregar de librería de herramientas” la cual muestra un listado de herramientas en este caso de desbaste, con diferentes propiedades que se ajustan a las necesidades de mecanizado.

Figura 73. Categoría de herramienta



Fuente: Autores

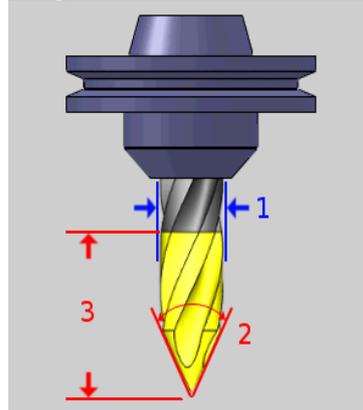
Figura 74. Herramientas de desbaste



Fuente: Autores

En el mecanizado para acabados después de haber sido desbastado se selecciona grabado en V que a diferencia de la herramienta de desbaste, esta es de diferente forma cómo se puede observar en la figura, la herramienta permite modificar sus parámetros ya sea en el ángulo, diámetro, longitud de flauta y más.

Figura 75. Herramienta V

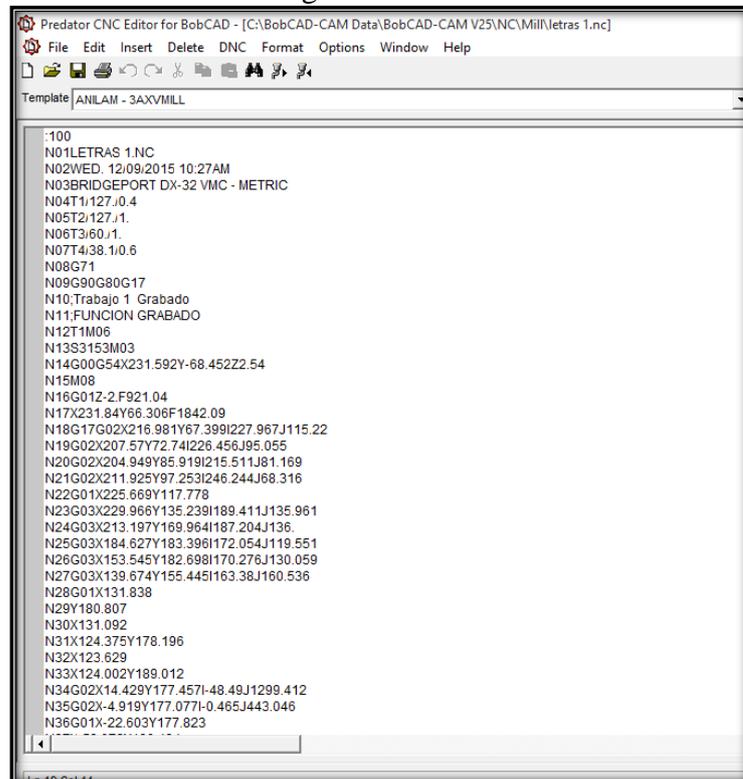


Fuente: Autores

El número uno indica el diámetro de la herramienta, el numero dos indica el ángulo incluido en esta herramienta finalmente el tres la longitud de la flauta, estos parámetros pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades del operador o simplemente usar las herramientas de la librería que por defecto ya está configurado y listo para su uso.

Una vez definido las operaciones completamente se procede a la “Parte CAM” en herramientas de fresa con un clic derecho procedemos a la selección de códigos G.

Figura 76. CAM



Fuente: Autores

En el simulador de Código G es de mayor calidad. Ayuda a mecanizar programas de CNC más rápido y con mayor precisión. Además, se incluye una simulación completa de la máquina de control numérico entera, permitiéndole al usuario visualizar la máquina mientras virtualmente mecaniza su pieza.

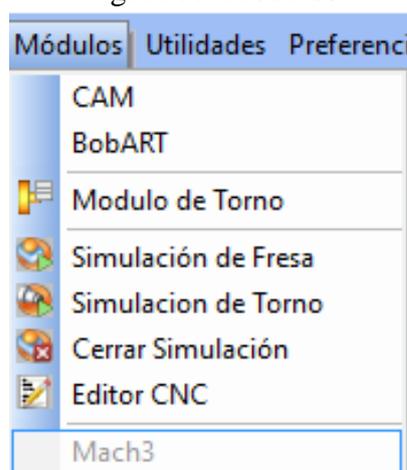
Esta nueva simulación, permite que el usuario pueda comparar automáticamente su mecanizado con el sólido inicial, de esta manera el usuario podrá definir si hay material de más, si esta entre tolerancia o si corto de más.

El simulador permite definir el enfoque de su simulación, ya sea en la mesa de la máquina o en la herramienta de la máquina, se puede agregar el sostenedor de las herramientas para tener una mejor noción del movimiento de la máquina especialmente en las operaciones de ejes múltiples.

La simulación incluye estadísticas de tiempo del mecanizado y longitud del trazo de herramienta, totales y por operación, estas funciones permiten que el usuario pueda cotizar trabajos futuros antes de correrlos en la máquina.

En la barra de herramientas tenemos “Módulos” para poder ver la simulación de la placa, con un clic seleccionamos “Simulación de fresa”

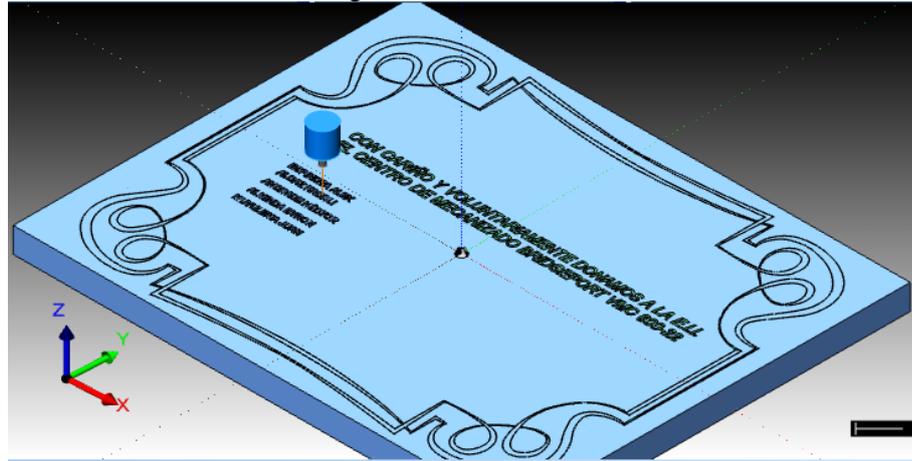
Figura 77. Módulos



Fuente: Autores

Aquí se abre una ventana con la simulación de dicha placa en la máquina de fresa como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 78. Simulación



Fuente: Autores

5.5 Configuración de parámetros de la fresa

5.5.1 Velocidad de corte (V_c). Este parámetro se la puede determinar como la velocidad relativa con la que la herramienta de corte se enfrenta al material.

Debido a que los distintos materiales tienen su variabilidad en lo referente a la dureza, maquinabilidad y estructura, se debe tomar en cuenta diferentes velocidades de corte según el tipo del material en bruto y de la herramienta de corte (fresa), además es de importancia establecer varios factores al momento de determinar las revoluciones por minuto (r/min) a las cuales se debe mecanizar un metal.

Entre las más importantes se detallan a continuación:

- El material de la fresa.
- El diámetro de la fresa.
- El tipo de material del trabajo.
- La profundidad de corte seleccionada.
- El acabado superficial que se necesita.
- La rigidez de la máquina y el montaje de la pieza.

Una vez establecido los factores que pueden afectar al proceso de mecanizado se consideró los siguientes parámetros técnicos adecuados para el ingreso de datos al software:

- Fresa de refrentar de acero de alta velocidad con un diámetro de 6 mm.
- 4 dientes o flautas de la fresa.
- El tipo de material del trabajo es de aluminio anodizado.

Luego de haber establecido el diámetro de la fresa y el tipo de material de trabajo se determinó la velocidad de corte en la siguiente tabla:

Figura 79. Selección de velocidad de corte

Velocidades de corte (V_c) para una máquina fresadora				
Material	Fresa de acero de alta velocidad		Fresa de carburo	
	Pie/min	m/min	Pie/min	m/min
Acero aleado	40-70	12-20	150-250	45-75
Aluminio	500-1000	150-300	1000-2000	300-600
Bronce	65-120	20-35	200-400	60-120
Hierro fundido	50-80	15-25	125-200	40-60
Acero de maquinado libre	100-150	30-45	400-600	120-180
Acero para maquinaria	70-100	21-30	150-250	45-75
Acero inoxidable	30-80	10-25	100-300	30-90
Acero para herramienta	60-70	18-20	125-200	40-60

Fuente: Autores

Por seguridad de la fresa se tomó la velocidad de corte más baja con la finalidad de que el tiempo de vida útil de la fresa sea mayor.

$$V_c = 150 \text{ m/min} \quad (3)$$

5.5.2 *Velocidad de giro de la fresa (V_{gf})*. Este factor se refiere a la cantidad de vueltas o giros que realiza la fresa en un minuto (r/min). Por motivo que la máquina fresadora CNC se puede variar o ajustar la velocidad, se establece la siguiente fórmula para el cálculo de la velocidad de giro de la fresa:

$$V_{gf} = \frac{V_c \times 320}{D} \quad (4)$$

V_c = Velocidad de corte [m/min].

D = Diámetro de la fresa [mm].

$$V_{gf} = \frac{150 \times 320}{6}$$

$$V_{gf} = 8000 \text{ r/min}$$

5.5.3 *Avance de la fresa y profundidad de corte.* Estos factores influyen de manera directa a la eficiencia en el proceso de fresado, el avance de la fresa es la velocidad en que la pieza avanza hacia la fresa y la profundidad de corte se refiere a la cantidad de pasadas que la fresa aplica el contacto directo a la pieza.

La viruta o también conocido como avance por diente es la cantidad de material que se desprende y que se elimina por el contacto de los dientes de la fresa mientras gira y avanza dentro la pieza. La velocidad de avance depende de una variedad de factores que influyen al momento de realizar el proceso de fresado, entre los principales se detallan a continuación:

- El diseño o tipo de fresa.
- El afilado de la fresa.
- La profundidad y ancho del corte.
- La resistencia y uniformidad de la pieza de trabajo.
- El material de la pieza de trabajo.
- El tipo de acabado y precisión necesarios.
- La potencia y rigidez de la máquina.

Se establece la siguiente fórmula para el cálculo de la velocidad de avance:

$$Avance = N \times CPT \times V_{gf} \quad (5)$$

N = Número de dientes o flautas en la fresa.

CPT = Viruta o avance por diente [pulg. o mm].

V_{gf} = Velocidad de giro de la fresa [r/min].

Mediante la tabla se encontró el valor de CPT que depende del tipo de la fresa y del material de trabajo, dando un valor de CPT = 0.55 mm.

Tabla 19. Avance por diente recomendado

Avance por diente recomendado (fresas de alta velocidad)												
Material	Fresas de careado o refrentar		Fresas helicoidales		Fresas de ranurado y de corte lateral		Fresas írontales		Cortadores de formato de relieve		Sierras circulares	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
Acero aleado	.006	0.15	.005	0.12	.004	0.1	.003	0.07	.002	0.05	.002	0.05
Aluminio	.022	0.55	.018	0.45	.013	0.33	.011	0.28	.007	0.18	.005	0.13
Latón y bronce (medio)	.014	0.35	.011	0.28	.008	0.2	.007	0.18	.004	0.1	.003	0.08
Hierro fundido (medio)	.013	0.33	.010	0.25	.007	0.18	.007	0.18	.004	0.1	.003	0.08
Acero de maquinado libre	.012	0.3	.010	0.25	.007	0.17	.006	0.15	.004	0.1	.003	0.07
Acero para maquinaria	.012	0.3	.010	0.25	.007	0.18	.006	0.15	.004	0.1	.003	0.08
Acero inoxidable	.006	0.15	.005	0.13	.004	0.1	.003	0.08	.002	0.05	.002	0.05
Acero para herramienta (medio)	.010	0.25	.008	0.2	.006	0.15	.005	0.13	.003	0.08	.003	0.08

Fuente: Autores

Tabla 20. Avance por diente recomendado

Avance por diente recomendado (fresas de carburo cementado)												
Material	Fresas de careado o refrentar		Fresas helicoidales		Fresas de ranurado y de corte lateral		Fresas írontales		Cortadores de formato de relieve		Sierras circulares	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
Acero aleado	.020	0.5	.016	0.40	.012	0.3	.010	0.25	.006	0.15	.005	0.13
Latón y bronce (medio)	.012	0.3	.010	0.25	.007	0.18	.006	0.15	.004	0.1	.003	0.08
Hierro fundido (medio)	.016	0.4	.013	0.33	.010	0.25	.008	0.2	.005	0.13	.004	0.1
Acero para maquinaria	.016	0.4	.013	0.33	.009	0.23	.008	0.2	.005	0.13	.004	0.1
Acero inoxidable	.010	0.25	.008	0.2	.006	0.15	.005	0.13	.003	0.08	.003	0.08
Acero para herramienta (medio)	.014	0.35	.011	0.28	.008	0.2	.007	0.18	.004	0.1	.004	0.1

Fuente: Autores

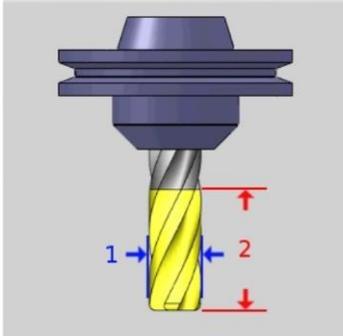
$$Avance = 4 \times 0.55 \times 8000$$

$$Avance = 17600 \text{ mm/min}$$

Valores Calculados

Figura 80. Valores Calculados

Set de Herramientas Actuales		Asignar Sostenedor	
Información de Herramienta			
<input checked="" type="checkbox"/> Herramienta de Sistema	(1) Diámetro	6.00	
	(2) Longitud de Flauta	12.70	
	Radio de Esquina	0.05	
	Número de Flautas	4	
	Longitud Total	127.00	
	Longitud de Protuberancia	50.80	
	Etiqueta de Herramienta	6.00 Dia. 0.05 CRad. 4 Fl. 12.70	
	Etiqueta del Sostenedor		
	Material de Herramienta	HSS	
Datos de Mecanizado			
	Numero de Herramienta	8	
<input type="checkbox"/> Cambiar Compensación	Compensación de Altura	8	
	Compensación de Diámetro	8	
	Refrigerante	Chorro	
Velocidades			
<input type="checkbox"/> Use Velocidades del Sistema			
	SMM	154.84	
	Velocidad por Diente	0.55	
	Velocidad en Z de Avance por Diente	0.07	
	RPM	8214.43	
	Velocidad Avance de Corte	18071.75	
	Velocidad de Entrada	2399.44	
	% Reducción de Velocidad en Arco	100	

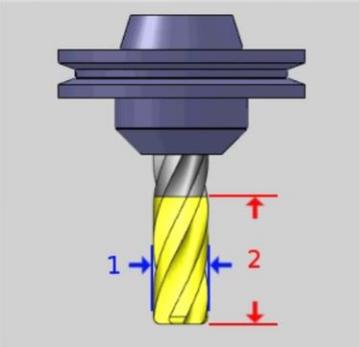


Fuente: Autores

Valores del sistema

Figura 81. Valores del sistema

Set de Herramientas Actuales		Asignar Sostenedor	
Información de Herramienta			
<input checked="" type="checkbox"/> Herramienta de Sistema	(1) Diámetro	6.00	
	(2) Longitud de Flauta	12.70	
	Radio de Esquina	0.05	
	Número de Flautas	4	
	Longitud Total	127.00	
	Longitud de Protuberancia	50.80	
	Etiqueta de Herramienta	6.00 Dia. 0.05 CRad. 4 Fl. 12.70	
	Etiqueta del Sostenedor		
	Material de Herramienta	HSS	
Datos de Mecanizado			
	Numero de Herramienta	8	
<input type="checkbox"/> Cambiar Compensación	Compensación de Altura	8	
	Compensación de Diámetro	8	
	Refrigerante	Chorro	
Velocidades			
<input checked="" type="checkbox"/> Use Velocidades del Sistema			
	SMM	154.84	
	Velocidad por Diente	0.15	
	Velocidad en Z de Avance por Diente	0.07	
	RPM	8214.43	
	Velocidad Avance de Corte	4798.87	
	Velocidad de Entrada	2399.44	
	% Reducción de Velocidad en Arco	100	



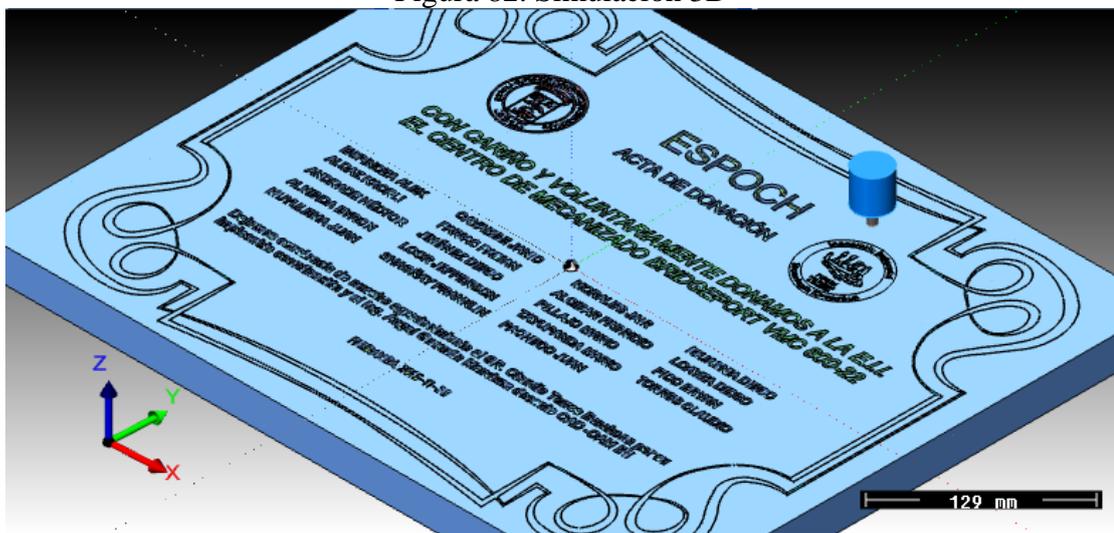
Fuente: Autores

5.6 Simulación

La simulación es una gran ayuda, dentro de la simulación se puede despejar muchas de las dudas que se tiene sobre las formas y estrategias de mecanizado, así como observar el trabajo realizado por la herramienta.

BobCAD-CAM incorpora un simulador 3D de código G que permite visualizar las operaciones de mecanizado de la pieza.

Figura 82. Simulación 3D



Fuente: Autores

En la simulación se tiene varias herramientas para observar ya sea la ruta de la herramienta, el material base el cual se está mecanizando, lista de movimientos, modo de trazo de la herramienta y las diferentes vistas de la pieza como: superior, lateral y más.

El simulador genera reportes de colisiones, y reportes de tolerancias que se muestra en la barra de reportes, se puede observar el número de operaciones, estadísticas con el conteo de movimientos, la velocidad, el tiempo, la posición del borde la herramienta y la secuencia, todo esto dentro de las estadísticas de la simulación.

La simulación ayuda a observar cómo se mecanizará en la vida real y como procederá la herramienta en el material.

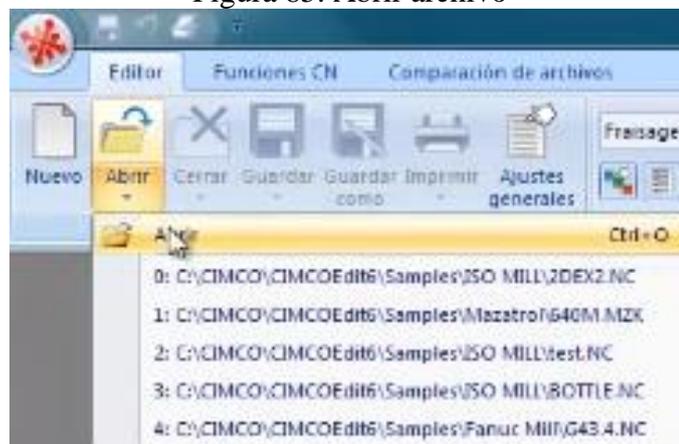
5.7 Mecanizado

Previo a la transferencia de los códigos hacia la máquina CNC es necesario editar los códigos generados por el programa de simulación, mediante una herramienta que gestiona la información, para la administración y organización de archivos CAM.

Una vez generados los códigos en el software, este incluye códigos no funcionales en la máquina CNC. (BobCAD-CAM, 2014)

Se inicia al abrir el archivo con los códigos que se obtiene en el software los cuales se visualiza en la pantalla principal como se puede observar en la figura.

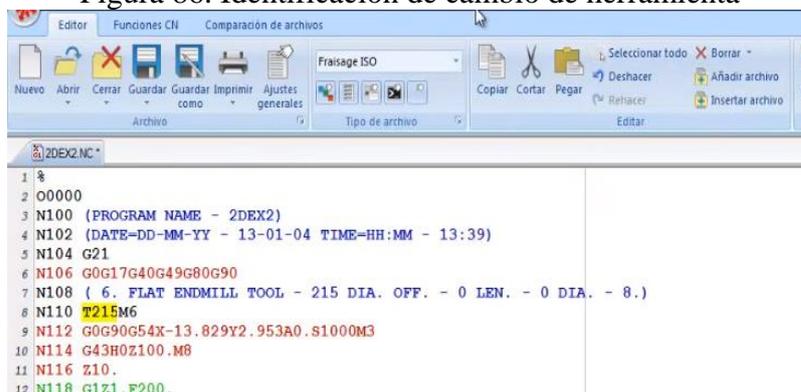
Figura 85. Abrir archivo



Fuente: Autores

Con la pestaña de “Funciones CNC” se enumera las operaciones nuevamente si es necesario, la herramienta identifica los cambios realizados

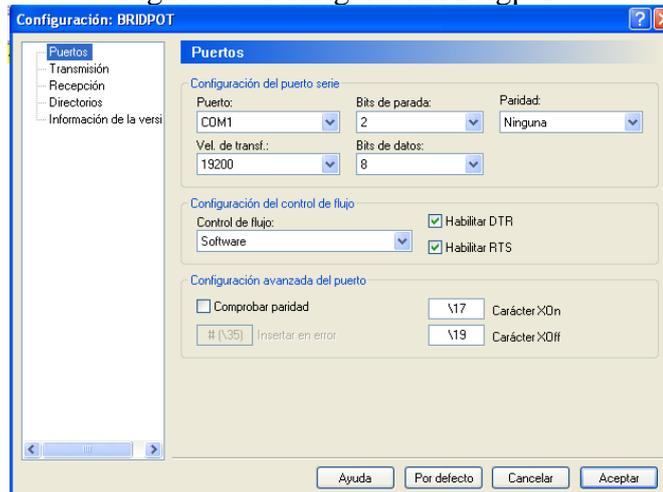
Figura 86. Identificación de cambio de herramienta



Fuente: Autores

Para la configuración de los códigos accedemos a la configuración DNC ya previamente configurado en la máquina CNC, al realizar clic en la “Configuración DNC” se abre una ventana en la cual se configura los parámetros en relación de puertos, control de flujo, transmisión y recepción.

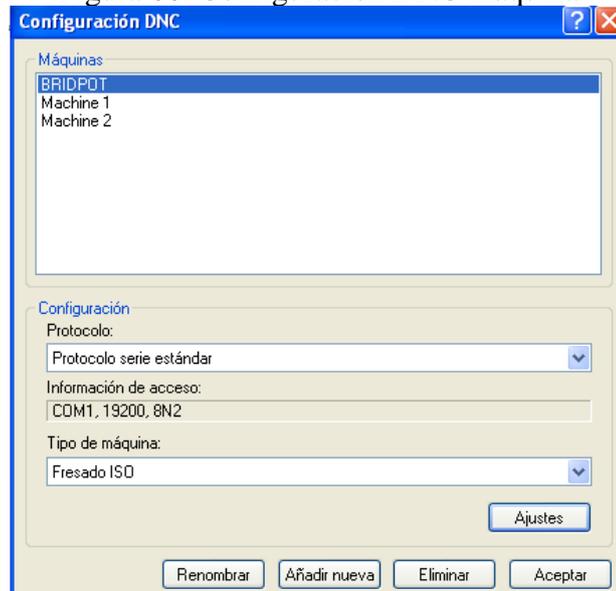
Figura 87. Configuración Brigport



Fuente: Autores

Se configura la máquina a utilizar en este caso Brigeport como se observa en la figura.

Figura 88. Configuración DNC máquina



Fuente: Autores

En la ventana principal se observa los códigos aquí se visualiza códigos incensarios de color azul.

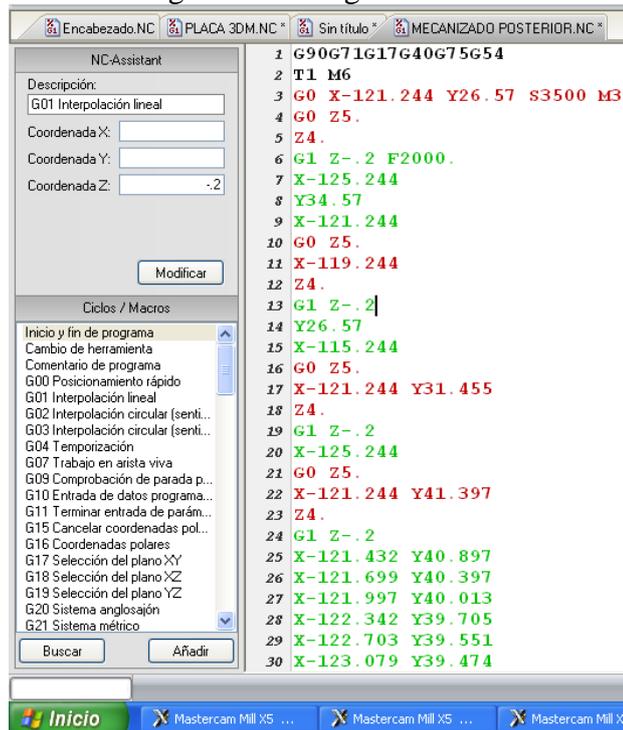
Figura 89. Códigos iniciales



Fuente: Autores

Después de la edición se obtiene finalmente los códigos listos para transferencia de datos a la máquina como se observa en la figura.

Figura 90. Códigos editados



Fuente: Autores

Para la mecanización se dividió las operaciones en cinco archivos de códigos como son: encabezado, nombres, margen y pie de placa. Finalmente al guardar el archivo se generan los códigos. Como ejemplo de los códigos generados para la mecanización del nombre ESPOCH se tiene:

G90G71G17G40G75G54	X-26.123 Y91.575	X-32.307 Y86.427
T1 M6	X-25.356 Y91.169	X-31.504 Y85.91
G0 X-47.547 Y92.928	X-24.914 Y90.81	X-31.303 Y85.814
S3500 M3	X-24.827 Y90.716	X-30.594 Y85.55
G0 Z5.	X-24.648 Y90.466	X-29.426 Y85.302
Z4.	X-24.448 Y89.931	X-28.007 Y85.211
G1 Z-.2 F2000.	X-24.417 Y89.579	X-27.981
Y85.428	X-24.517 Y88.94	X-26.682 Y85.311
X-36.46	X-24.824 Y88.3	X-25.571 Y85.593
Y87.167	X-24.834 Y88.284	X-25.108 Y85.781
X-45.591	X-25.069 Y87.984	X-24.522 Y86.097
Y92.385	X-25.617 Y87.54	X-23.764 Y86.691
X-37.547	X-26.097 Y87.298	X-23.168 Y87.411
Y94.124	X-27.004 Y87.037	X-23.165 Y87.416
X-45.591	X-28.032 Y86.95	X-22.856 Y87.954
Y98.689	X-29.142 Y87.05	X-22.554 Y88.805
X-36.895	X-30.091 Y87.333	X-22.46 Y89.634
Y100.428	X-30.268 Y87.411	X-22.56 Y90.564
X-47.547	X-30.726 Y87.661	X-22.843 Y91.356
Y92.928	X-31.359 Y88.181	X-23.093 Y91.773
G0 Z5.	X-31.704 Y88.64	X-23.45 Y92.206
X-33.054 Y94.625	X-31.908 Y89.054	X-24.161 Y92.801
Z4.	X-32.154 Y89.92	X-25.027 Y93.292
G1 Z-.2	X-32.243 Y90.646	X-26.128 Y93.699
X-32.77 Y94.223	X-34.2	X-28.206 Y94.255
X-32.183 Y93.678	X-34.081 Y89.483	X-30.07 Y94.787
X-31.482 Y93.263	X-33.777 Y88.452	X-30.777 Y95.093
X-30.441 Y92.835	X-33.406 Y87.704	X-31.078 Y95.291
X-28.681 Y92.315	X-32.988 Y87.104	X-31.411 Y95.748

X-31.573 Y96.313	X-31.145 Y100.124	X-9.5 Y97.92
X-31.591 Y96.611	X-31.709 Y99.835	X-9.589 Y98.1
X-31.491 Y97.236	X-32.415 Y99.291	X-10.121 Y98.915
X-31.198 Y97.796	X-32.936 Y98.64	X-10.751 Y99.527
X-30.946 Y98.089	X-32.948 Y98.62	X-10.764 Y99.537
X-30.817 Y98.212	X-33.21 Y98.121	X-11.136 Y99.779
X-30.37 Y98.516	X-33.477 Y97.27	X-11.947 Y100.118
X-29.657 Y98.771	X-33.547 Y96.52	X-12.537 Y100.26
X-28.679 Y98.899	X-33.447 Y95.617	X-13.689 Y100.4
X-28.323 Y98.906	X-33.16 Y94.821	X-14.736 Y100.428
X-27.24 Y98.806	X-33.054 Y94.625	X-20.2
X-26.428 Y98.538	G0 Z5.	Y92.928
X-25.872 Y98.177	X-20.2 Y92.928	G0 Z5.
X-25.49 Y97.772	Z4.	X-18.243 Y95.972
X-25.116 Y97.119	G1 Z-.2	Z4.
X-24.885 Y96.302	Y85.428	G1 Z-.2
X-24.852 Y96.08	X-18.243	Y93.254
X-22.895	Y91.515	X-14.512
X-23.081 Y97.137	X-14.536	X-13.86 Y93.279
X-23.335 Y97.835	X-12.994 Y91.615	X-13.309 Y93.349
X-23.667 Y98.445	X-11.83 Y91.882	X-12.846 Y93.457
X-24.034 Y98.934	X-10.97 Y92.277	X-12.375 Y93.636
X-24.711 Y99.558	X-10.347 Y92.777	X-11.881 Y93.954
X-25.556 Y100.062	X-10.295 Y92.834	X-11.448 Y94.46
X-26.196 Y100.318	X-9.778 Y93.532	X-11.179 Y95.083
X-27.276 Y100.566	X-9.38 Y94.385	X-11.071 Y95.855
X-28.447 Y100.646	X-9.16 Y95.335	X-11.069 Y95.968
X-29.7 Y100.546	X-9.113 Y96.083	X-11.169 Y96.805
X-30.802 Y100.26	X-9.213 Y97.055	X-11.445 Y97.467

X-11.558 Y97.638	X7.496 Y92.875	X-5.093 Y87.766
X-12.069 Y98.168	X7.396 Y94.329	X-4.796 Y87.406
X-12.649 Y98.487	X7.108 Y95.636	G0 Z5.
X-12.764 Y98.525	X6.645 Y96.821	X-3.238 Y88.484
X-13.408 Y98.645	X6.632 Y96.846	Z4.
X-14.538 Y98.689	X6.149 Y97.679	G1 Z-.2
X-18.243	X5.427 Y98.566	X-2.47 Y87.812
Y95.972	X4.559 Y99.314	X-1.633 Y87.342
G0 Z5.	X4.091 Y99.624	X-.713 Y87.056
X-4.796 Y87.406	X3.232 Y100.071	X.311 Y86.95
Z4.	X2.124 Y100.444	X.387
G1 Z-.2	X.954 Y100.626	X1.465 Y87.05
X-3.985 Y86.646	X.4 Y100.646	X2.414 Y87.336
X-3.362 Y86.215	X-.89 Y100.546	X3.261 Y87.8
X-2.512 Y85.775	X-2.036 Y100.259	X4.025 Y88.448
X-1.414 Y85.414	X-3.061 Y99.798	X4.069 Y88.494
X-.217 Y85.232	X-3.986 Y99.162	X4.658 Y89.257
X.393 Y85.211	X-4.406 Y98.786	X5.1 Y90.16
X1.651 Y85.311	X-4.666 Y98.519	X5.395 Y91.227
X2.824 Y85.603	X-5.127 Y97.963	X5.532 Y92.491
X3.93 Y86.086	X-5.735 Y96.975	X5.54 Y92.884
X3.982 Y86.114	X-6.191 Y95.85	X5.44 Y94.241
X4.762 Y86.62	X-6.492 Y94.564	X5.156 Y95.418
X5.574 Y87.364	X-6.628 Y93.091	X4.911 Y96.038
X6.262 Y88.267	X-6.634 Y92.687	X4.385 Y96.945
X6.565 Y88.79	X-6.534 Y91.338	X3.736 Y97.67
X6.972 Y89.711	X-6.24 Y90.059	X3.091 Y98.158
X7.313 Y90.934	X-5.818 Y88.971	X2.208 Y98.595
X7.481 Y92.286	X-5.509 Y88.385	X1.256 Y98.842

X.407 Y98.906	X20.59 Y86.464	X13.774 Y97.968
X-.661 Y98.806	X21.324 Y87.169	X13.903 Y98.07
X-1.611 Y98.519	X21.947 Y88.045	X14.48 Y98.436
X-2.468 Y98.051	X22.456 Y89.114	X15.311 Y98.752
X-3.198 Y97.446	X22.8 Y90.217	X16.265 Y98.898
X-3.745 Y96.766	X20.844 Y90.692	X16.585 Y98.906
X-4.175 Y95.906	X20.496 Y89.549	X17.577 Y98.806
X-4.484 Y94.828	X20.207 Y88.958	X18.377 Y98.53
X-4.654 Y93.487	X19.666 Y88.22	X18.95 Y98.161
X-4.678 Y92.671	X19.291 Y87.872	X19.383 Y97.731
X-4.578 Y91.35	X18.692 Y87.468	X19.898 Y96.965
X-4.298 Y90.241	X17.863 Y87.126	X20.357 Y95.91
X-3.859 Y89.307	X16.944 Y86.963	X20.409 Y95.757
X-3.27 Y88.518	X16.567 Y86.95	X22.366 Y96.205
X-3.238 Y88.484	X15.581 Y87.05	X22.09 Y97.012
G0 Z5.	X14.654 Y87.345	X21.561 Y98.054
X11.676 Y87.391	X14.093 Y87.631	X20.905 Y98.909
Z4.	X13.555 Y88.017	X20.282 Y99.481
G1 Z-.2	X12.988 Y88.643	X19.503 Y99.991
X12.147 Y86.859	X12.549 Y89.429	X18.555 Y100.384
X12.672 Y86.396	X12.434 Y89.723	X17.507 Y100.601
X12.955 Y86.191	X12.214 Y90.46	X16.718 Y100.646
X13.737 Y85.762	X11.99 Y91.788	X15.496 Y100.546
X14.752 Y85.426	X11.931 Y93.046	X14.366 Y100.254
X15.964 Y85.241	X12.031 Y94.384	X13.31 Y99.775
X16.765 Y85.211	X12.332 Y95.717	X13.21 Y99.717
X17.976 Y85.311	X12.371 Y95.844	X12.461 Y99.203
X19.048 Y85.597	X12.632 Y96.505	X11.692 Y98.453
X20.005 Y86.058	X13.13 Y97.308	X11.06 Y97.557

X10.795 Y97.052 M5
X10.436 Y96.15 M30
X10.123 Y94.878
X9.981 Y93.453 (BobCAD-CAM, 2014)
X9.974 Y93.039
X10.074 Y91.523
X10.366 Y90.112
X10.74 Y89.031
X11.028 Y88.408
X11.652 Y87.422
X11.676 Y87.391
G0 Z5.
X25.496 Y92.928
Z4.
G1 Z-.2
Y85.428
X27.453
Y92.602
X35.061
Y85.428
X37.018
Y100.428
X35.061
Y94.341
X27.453
Y100.428
X25.496
Y92.928
G0 Z5.

Una vez modificado los códigos están listos para ser transferidos, previamente se realiza la configuración de la máquina para recibir los códigos enviados desde el ordenador.

Se procede a ajustar parámetros en forma manual y automática para mayor seguridad en el proceso de mecanizado.

CAPÍTULO VI

6. COSTOS

El análisis de costos se lo realiza de una manera concreta o específica debido a que por ámbitos educativos y no lucrativos, no es necesario establecer un estudio de pre factibilidad.

6.1 Costos directos

Tabla 21. Costos directos

Ítem	Denominación	Unidad	Precio (dólares)
1	Placas de aluminio	5	125,25
2	Placas de madera	5	25,60
3	Herramienta CNC	1	50,00
4	Adquisición del software Bobcad cam	1	400,00
TOTAL			600,85

Fuente: Autores

6.2 Costos indirectos

Tabla 22. Costos indirectos

Ítem	Denominación	Total (dólares)
1	Materiales e imprevistos	330,00
Total		330,00

Fuente: Autores

6.3 Costos totales.

Tabla 23. Costos totales

Ítem	Denominación	Total (dólares)
1	Costos directos totales	600,85
2	Costos indirectos totales	330,00
Total		930.85

Fuente: Autores

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

En la industria y en la formación de profesionales es necesario emplear paquetes computacionales que faciliten el diseño y manufactura de piezas o elementos mecánicos, para lo cual se probó que el software BobCAD-CAM es uno de los paquetes computacionales más adecuados para ser utilizados en cualquiera de los dos campos, además el software cuenta con las herramientas que existen en nuestro medio y cuya programación es idónea para que pueda ser utilizado ya sea por un estudiante como un profesional.

Se diseñó y simuló la placa mediante el proceso de grabado, que tendría un grado de dificultad alto en un torno convencional y además llevaría una pérdida de tiempo en realizar una programación manual, pero con la ejecución del software BobCAD-CAM se estableció una reducción considerable en el tiempo total.

Se determinó en el estudio de mercado del cantón Riobamba, que la elaboración de placas de grabado metálico se realiza de 20 a 60 placas al mes que representa el 60% de la demanda, además el material más utilizado es el cobre con un 30%, el tipo de producción que se utiliza es bajo pedido con un 70% y de las microempresas que realizan este proceso solamente el 20% utilizan tecnología CNC en máquinas a láser.

Se estableció que los códigos G deben ser tomados según el manual de la máquina, ya que estos pueden variar según la marca pero de igual manera se relaciona o cumple con el principio de los códigos G según la norma ISO 6983.

7.2 Recomendaciones

Se deduce que para una vida más larga de la fresa, utilice la velocidad de corte más baja del rango recomendado.

Es necesario realizar un análisis de la dureza del material que se va a maquinar con la finalidad de que no exista complicaciones al momento de realizar el proceso de fresado.

Es necesario realizar para un acabado fino la reducción del avance en vez de incrementar la velocidad de la fresa.

Para que el proceso de fresado no tenga ningún inconveniente es recomendable el empleo de refrigerante que por lo general absorbe calor, actúa como lubricante y arrastra las virutas, además debe ser correctamente aplicado, esto producirá un mejor acabado y alargará la vida de la fresa.

Es necesario tener en cuenta todos los códigos G y parámetros que se establecen en el manual de la máquina Bridgeport VMC 800-22 con la finalidad de no tener inconvenientes al momento de realizar la programación.

Es necesario revisar el pos procesador que se obtiene de la página del software BobCAD-CAM, para verificar y realizar las respectivas modificaciones para su correcto funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

6983, ISO. Programacion de control numerico ISO Standar (Codigo G). *Programacion de control numerico ISO Standar (Codigo G)*. [En línea]

<http://www.gulmi.com.ar/iso.pdf>.

800-22, Bridgeport VMC. 1995. *Manual de operacion de la máquina Bridgeport VMC 800-22*. Alemania : s.n., 1995.

BobCAD-CAM. 2014. *Manual de operacion del software V25*. Estados Unidos : s.n., 2014.

CNC, Milwaukee. Milwaukee-Matic de Kearney & Trecker. *Milwaukee-Matic de Kearney & Trecker*. [En línea] [Citado el: lunes de octubre de 2015.]

<http://goo.gl/tCOCiH>.

CNC, Tecnologia. Máquinas de tecnologia CNC. *Máquinas de tecnologia CNC*. [En línea] [Citado el: miercoles de Octubre de 2015.]

<http://www.gravograph.com/mexico/index.php>.

Milwaukee. Grabado en placas. *Milwaukee*. [En línea] [Citado el: martes de octubre de 2015.] <http://www.psicopreven.com/forma>.