DISEÑO DE UNA MÁQUINA REGISTRADORA DE TRES BARRAS

SEBASTIÁN CHANCY CASTAÑO
ANDRÉS MEJÍA PÉREZ

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2010

DISEÑO DE UNA MÁQUINA REGISTRADORA DE TRES BARRAS

SEBASTIÁN CHANCY CASTAÑO
ANDRÉS MEJÍA PÉREZ

Proyecto de grado para optar por el título de ingeniero mecánico

Asesor:
Fabio Pineda

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2010

Medellín, Abril de 2010

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres por todo el apoyo incondicional en todos los momentos de nuestras vidas y por la oportunidad que nos dieron para realizar nuestros estudios universitarios.

Un agradecimiento especial a Pytec por la colaboración prestada ya que nos facilitaron sus instalaciones y recurso humano, a nuestro asesor Fabio Pineda por su colaboración incondicional y a todas las personas involucradas en el proyecto.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 12

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO. 13

1.1 OBJETIVO GENERAL..... 13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 13
1.3 JUSTIFICACIÓN. 13
1.4 METODOLOGÍA. 14

2. MARCO TEÓRICO. 16

2.1 MÁQUINAS REGISTRADORAS EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO..... 16
2.1.2 Máquina registradora de 3 barras. 17
2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO EN LAS MÁQUINAS REGISTRADORAS DE TRES BARRAS. 18
2.2.1 Principio por resorte 18
2.2.2 Principio por leva 19
2.3 NORMATIVAD EN LAS MÁQUINAS REGISTRADORAS. 20

3. PROCESO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA REGISTRADORA DE TRES BARRAS. 21

3.1 IDENTIFICACIÓN LAS NECESIDADES DEL CLIENTE..... 21
3.1.1 Análisis de mercado..... 21
3.1.2 Necesidades 22
3.1.3 Perfil del usuario 22
3.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO. 23
3.3 DISEÑO CONCEPTUAL. 24
3.3.1 Caja negra 24
3.3.2 Descripción de la función principal..... 25

3.3.3 Estructura funcional 25
3.3.4 Matriz morfológica.....27
3.3.5 Arquitectura del producto 27
3.3.6 Generación y selección de alternativa 32
3.4 DISENO DE DETALLE. 35
3.4.2 Fijación sistema de barras 36
3.4.3 Diseño de la leva del mecanismo 37
3.4.4 Diseño del resorte del mecanismo.....44
3.4.5 Eje principal 46
4. MODELACIÓN DE LA MAQUINA REGISTRADORA CON SUS RESPECTIVOS PLANOS PARA LA CONSTRUCCIÓN. 50
CONCLUSIONES 54
BIBLIOGRAFIA 55

LISTA DE ILUSTRACIONES

Pág.
Ilustración 1. Máquina registradora de 4 barras 16
Ilustración 2. Componentes del mecanismo máquina registradora de 4 barras 17
Ilustración 3. Principio por resorte en máquinas registradoras de 3 barras 18
Ilustración 4. Principio por leva en las máquinas registradoras de 3 barras 19
Ilustración 5. Caja negra 24
Ilustración 6. Estructura funcional propuesta 26
Ilustración 7. Ruta 1 de la matriz morfológica 28
Ilustración 8. Ruta 2 de la matriz morfológica 29
Ilustración 9. Ruta 3 de la matriz morfológica 31
Ilustración 10. Alternativa 1 32
Ilustración 11. Alternativa 2 33
Ilustración 12. Sistema de barras y sistema anti-pánico 35
Ilustración 13. Sistema anti-pánico de la máquina registradora 36
Ilustración 14. Pieza de fijación del sistema de barras 37
Ilustración 15. Datos ingresados y resultados del cálculo de la leva 38
Ilustración 16. Gráfica de posición 39
Ilustración 17. Gráfica de velocidad 39
Ilustración 18. Gráfica de aceleración 40
Ilustración 19. Gráfica de ángulo de presión 40
Ilustración 20. Gráfica de fuerza normal 41
Ilustración 21. Gráfica de torque 41
Ilustración 22. Resultado y leva arrojada por el software 43
Ilustración 23. Leva con sus complementos 43
Ilustración 24. Tipos de terminaciones en resortes 44
Ilustración 25. Ensayo de medición del resorte 44
Ilustración 26. Gráfica del comportamiento del resorte 45

Ilustración 27. Eje principal 46
Ilustración 28. Fuerza sobre el eje 46
Ilustración 29. Análisis de esfuerzo de Von Mises 49
Ilustración 30. Ejemplo de modelación de partes en Autodesk inventor 51
Ilustración 31. Ejemplo de modelación de lámina de Autodesk Inventor 52
Ilustración 32. Ejemplo de planos de taller en Autodesk Inventor 52
Ilustración 33. Ejemplo de diseño de componentes mecánicos en Autodesk Inventor 53
Ilustración 34. Ejemplo de ensambles en Autodesk Inventor 53

LISTA DE TABLAS

Pág.
Tabla 1. Tabla de especificaciones del producto (P.D.S) 23
Tabla 2. Matriz morfológica.....27
Tabla 3. Matriz de evaluación 34
Tabla 4. Resultados de la leva y seguidor 42
Tabla 5. Tabla para la selección de cuñas.....48

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Plano ensamble base barras…….……...55

Anexo B. Plano ensamble carcasa…….……...56

Anexo C. Plano ensamble cabezal….……...57

RESUMEN

Este proyecto está enfocado en el diseño y construcción de una máquina registradora, para esto se utiliza información acerca de estas máquinas y se basa en unos requerimientos para un buen diseño.

El proyecto se inicia con una investigación acerca de las diferentes máquinas registradoras existentes con sus respectivas formas y mecanismo de funcionamiento.

Una vez que se realice esta investigación, se realiza un proceso de diseño el cual consta de un análisis de mercado, identificar las necesidades del cliente (requerimientos), identificar quien es el usuario, luego se pasa al diseño conceptual, diseño de detalle, modelación y construcción de un dispositivo funcional.

Para dar un soporte a este proceso de diseño se realizan los cálculos que se consideren esenciales para el diseño de la máquina registradora. La modelación se realizará en un sistema CAD (Autodesk inventor 2010) para que así se pueda realizar la construcción de este proyecto.

INTRODUCCIÓN

Las máquinas registradoras, también llamadas molinetes o trinquetes de control de acceso se encuentran en variedad de edificios y sobre todo en transporte masivo.

El propósito de estas máquinas registradoras es el de registrar el acceso de personas en los buses, colectivos o edificios, para tener un control y en el caso del transporte público para una mejor contabilidad en el ingreso de dinero en cada bus o colectivo. También existen algunas que no se pueden adulterar por parte del conductor del vehículo.

En el caso de los edificios estas máquinas también ayudan con el orden a la hora de ingresar o salir de algún establecimiento, esto evita el desorden, aunque a la hora de una emergencia estos molinetes poseen un mecanismo de anti-pánico para una evacuación segura.

El proyecto está basado en las máquinas registradoras de tres barras para buses, se emplearán todos nuestros conocimientos generales de ingeniería mecánica para llegar al mejor diseño de estas máquinas utilizado los métodos apropiados de diseño.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Llevar a cabo el diseño y la construcción de una máquina registradora para adaptarla a un vehículo de transporte público.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Investigar sobre las máquinas registradoras existentes, para conocer y entender cómo funcionan sus mecanismos, formas y tipos.
- Investigar la normatividad existente para este tipo de máquinas en colectivos y buses en nuestro país.
- Seleccionar un mecanismo de funcionamiento y definir la forma de una máquina registradora.
- Dimensionar y construir el prototipo funcional (simulando el mecanismo) según especificaciones del cliente y de la normatividad existente.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

En el transporte público de nuestro medio, es muy común encontrar máquinas registradoras para tener de cierta manera el control del flujo de personas que ingresan a estos. Este control es de suma importancia para el administrador o dueño del vehículo, ya que esta información le permitirá saber la productividad de su vehículo mientras es trabajado.

Los problemas más comunes en las máquinas registradoras es que pueden ser vulneradas o manipuladas a por parte del conductor, quitándole validez a la información que esta entrega, ya que el conductor permite el ingreso de personas sin ser registradas y así adulterar el contador que éstas poseen.

Los buses y colectivos de servicio público cuentan con espacios muy reducidos para adaptar estos dispositivos, es por eso que los transportadores buscan que estas máquinas registradoras ocupen el menor espacio posible y que sean lo menos incomodas para el acceso de las personas.

Con respecto a la seguridad que estas máquinas manejan al momento de una emergencia son mínimas ya que su funcionamiento no puede ser alterado para la fácil evacuación de los usuarios.

1.4 METODOLOGÍA.

El desarrollo de este proyecto se pretende realizar pasando por unas etapas con el motivo de conocer claramente el funcionamiento de estas máquinas registradoras, poder obtener ideas claras tomando diferentes conceptos.

La primera etapa es una investigación sobre las máquinas registradoras existentes, se analizan minuciosamente los mecanismos si es posible y se pretende recopilar toda la información obtenida al diseño con la finalidad de obtener la mejor funcionalidad del equipo para satisfacer las necesidades existentes.

La segunda etapa es basarnos en el diseño de concepto para llegar a varias alternativas y seleccionar el diseño de la máquina más ideal y aplicar las herramientas de diseño conceptual.

La tercera etapa es utilizar una herramienta CAD (Autodesk Inventor) para hacer la modelación del diseño escogido y poder generar los respectivos planos de taller para realizar la construcción de un prototipo funcional.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 MÁQUINAS REGISTRADORAS EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO.

En el medio existen varios tipos de máquinas registradoras, variando en sus formas y mecanismos. Básicamente estas máquinas están compuestas por una carcasa que contiene un mecanismo el cual funciona cuando se le aplica una fuerza a las barras que están restringidas. Las máquinas existentes de 3 y 4 barras.

2.1.1 Máquina registradora de 4 barras.

En nuestro medio, estas máquinas de 4 barras tienen diversas formas, pero con el mismo principio de funcionamiento, el cuál involucra los siguientes componentes en su mecanismo principal:

- Leva
- Balines
- Resortes

Ilustración 1. Máquina registradora de 4 barras

Fuente: Autoría propia

Estas máquinas de cuatro barras giran con respecto a un eje vertical. Esta máquina básicamente funciona con balines y resortes que están internos en las 4 barras como se muestra en la ilustración 2. Cuando se le aplica fuerza a una de estas barras estas giran mientras que los resortes se comprimen y los balines giran sobre una pieza cilíndrica que cuenta con 4 cavidades que son las que posicionan las barras y nunca tienen punto de equilibrio debido a la forma de esta pieza.

.

Ilustración 2. Componentes del mecanismo máquina registradora de 4 barras

Fuente: Autoría propia

2.1.2 Máquina registradora de 3 barras.

La máquina de 3 barras es más compleja en su mecanismo principal, ya que hay unas con una configuración electromecánica y otras completamente mecánicas compuestas por:

- Leva
- Resorte
- Compresor hidráulico
- Balines
- Juego de barras

La máquina registradora de 3 barras gira en un eje que tiene normalmente 45° con respecto al eje vertical.

2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO EN LAS MÁQUINAS REGISTRADORAS DE TRES BARRAS.

Las máquinas registradoras de 3 barras tienes básicamente dos principios de funcionamiento a la hora de controlar el acceso de usuarios a los buses o edificios estas dos formas de funcionar son principio son por resorte y por leva.

2.2.1 Principio por resorte

El funcionamiento de este principio consiste en una pieza que tiene una forma definida para que se posicione en el lugar que le corresponde estar a las barras. En este caso hay tres alojamientos de balín que se les aplica una fuerza mediante un resorte, este principio se muestra en la ilustración 3. Este principio ya no es muy usado en estas máquinas debido a algo denominado latigazo o rebote, generado por la fuerza inercial.

Ilustración 3. Principio por resorte en máquinas registradoras de 3 barras

Fuente: Autoría propia

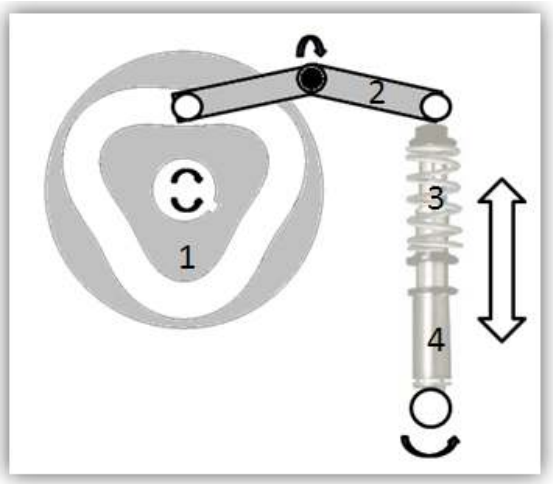
2.2.2 Principio por leva

El mecanismo empleado con leva es muy satisfactorio para el funcionamiento de la máquina, debido a que el sistema siempre está regulado por un amortiguador, el cual elimina la fuerza inercial, eliminando lo que denominábamos latigazo o rebote de las barras. El mecanismo básicamente está compuesto de 4 elementos:

- Leva (1)
- Juego de barras (2)
- Resorte (3)
- Amortiguador (4)

El mecanismo está organizado de la siguiente manera: El juego de barras esta pivotado en un punto especifico previamente calculado en el cual se dispone la leva, el amortiguador y el resorte, buscando así que el mecanismo no se vea limitado (funcionamiento ni movimiento de cada uno de ellos), sin importar el sentido de giro de la leva, este mecanismo se muestra en la ilustración 4.

Ilustración 4. Principio por leva en las máquinas registradoras de 3 barras



Fuente: Autoría propia

En la anterior ilustración se indican los movimientos que puede hacer cada uno de los componentes. La pieza 1 (leva) puede girar en los dos sentidos (horario y anti horario). La leva y la pieza 2 (juego de barras) están relacionadas por un seguidor de leva soportado por la barra y que se aloja en la leva, al girar la leva, la barra describe un movimiento ya que esta pivotada, moviendo así la piezas 4 (amortiguador), que a su vez comprime el resorte (pieza 3). El resorte siempre dejará el mecanismo en posición, es decir, como este siempre que se mueve del punto de posicionamiento se comprime y sólo dejara al mecanismo en reposo cuando este en posición. El objetivo del amortiguador, en este caso también llamado compensador, es eliminar la fuerza inercial que se genera en el mecanismo, es decir, este amortiguador siempre se opone al movimiento que realice el mecanismo, dejando que este llegue al reposo de una manera lenta, eliminando el latigazo o rebote.

2.3 NORMATIVAD EN LAS MÁQUINAS REGISTRADORAS.

Las máquinas registradoras en nuestro país no están regidas por alguna norma, para una mejor seguridad en estas maquinas lo mejor que se puede hacer es implementar una norma para el funcionamiento y para el tema de la seguridad en los vehículos que están estas máquinas, así las personas que utilizan este medio de transporte siente una mayor seguridad al momento de una evacuación sin tener problemas de estancamiento (ICONTEC, 2007).

Esto normalización se puede hacer con base en normas que si rijan estas máquinas en otros países.

3. PROCESO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA REGISTRADORA DE TRES BARRAS.

Para llegar ha la modelación y construcción de un dispositivo funcional se deben desarrollar unos factores importantes los cuales son:

- Identificación de necesidades del cliente
- Especificaciones del producto
- Diseño conceptual
- Diseño de detalle

3.1 IDENTIFICACIÓN LAS NECESIDADES DEL CLIENTE.

El objetivo del diseño de un producto es para suplir las necesidades de las compañías o personas, para esto se analiza dos cosas, el estudio de mercado e identificación de los posibles usuarios, con lo cual se puede saber cuáles son sus necesidades y así poder identificar con mas certeza los requerimientos que debe tener el diseño.

3.1.1 Análisis de mercado

Para diseñar y luego desarrollar un producto, se precede con un análisis de mercado, aquí se estudia si este se va a vender, como se va a vender y a quien se va a vender, esto es con el objetivo de saber los requerimientos que tiene el mercado sobre el producto para poder satisfacer una necesidad.

En este caso los clientes fijos serían las compañías de transporte público que manejan buses o colectivos ya que estos deben de tener un control de acceso de para los usuarios de estos vehículos.

3.1.2 Necesidades

Las necesidades se entienden como lo que debe cumplir un producto y así serán expresadas a continuación, para posteriormente formar con ellas las especificaciones de diseño de producto (PDS). Las necesidades planteadas son:

- Que registre el ingreso y salida de los usuarios
- Que ocupe el menor espacio posible
- Que sea una máquina inviolable, para evitar fraudes.
- Que sea de fácil mantenimiento.
- Que sea de larga vida útil
- Que sea cómoda para los usuarios
- Que sea de fácil montaje
- Que contenga sistema anti-pánico.
- Que sea estable.
- Que el registro sea preciso.
- Que sea lo más económica posible, para no tener valores muy lejanos a lo existentes y tener buena rentabilidad, sin sacrificar la calidad de la máquina.

Estas necesidades las obtenemos media entrevistas a transeúntes y conductores de transporte público.

3.1.3 Perfil del usuario

En el proceso de diseño es muy importante tener claro el perfil de usuario que utilizará el producto para tener en cuenta ciertos aspectos a la hora de diseñar.

Los principales clientes son las compañías dedicadas al transporte público en buses o colectivos pero el verdadero usuario es la persona que utiliza estos medios de transporte ya que esta es la que interactúa directamente con la máquina al ingresar o salir del vehículo, este usuario es básicamente una persona normal, hombre o mujer mayor de 6 años de edad, donde la altura promedio de un hombre es 1,70m y la de la mujer es 1,58m. Estas máquinas son fáciles de

manejar ya que la única operación de manejo es empujar una de las barras o sea que no se necesita tener alguna experiencia (Banco de la República, 2005).

3.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.

Una vez que se tiene la lista de necesidades del cliente planteada por el cliente o clientes, se organizan en una matriz llamada PDS o matriz de especificaciones de diseño de producto, aquí se le da una calificación si es necesidad (N) o deseo (D).

Tabla 1. Tabla de especificaciones del producto (P.D.S)

ELEM	NECESIDADES	NECESIDAD (N) o DESEO(D)	INTERPRETACION	REQUERIMIENTOS
FUNCIONAMIENTO	Que registre a la entrada y salida de los usuarios	N	Se necisita que la máquina resgistre a la entreda y a la salida	Que gire en ambos sentidos (horario y anti-horario) registrando a la persona
	Que sea una máquina inviolable, para evitar fraudes	N	Se quiere que la máquina no sea vulnerable a fraudes de registro	Que a cierto angulo de giro ya registre el ingreso de una persona
	Que el registro sea preciso	N	Se necesita que el registro sea preciso cuando ingrese o salga una persona	Contador y mecanismo preciso y estable
Diseño	Que ocupe el menor espacio posible	N	Que la maquina sea de un tamaño adecuado para el vehiculo	Maquina compacta
	Que sea de fácil mantenimiento	N	Que se le pueda hacer un mantenimiento fácil y rápido	Mantenimiento simple con herramienta comun
	Que sea comoda para los usuarios	D	Que no parezca un obstaculo para los usuarios	Maquina de funcionamiento suave y con dimensiones
	Que sea de fácil montaje	N	Que la máquina sea facil de instalar	Maquina que poseea subensambles
	Que sea estable	N	Tiene que ser estable por el medio en el que se va a desempeñar	Estructura y mecanismos estables
	Que sea de larga vida útil	N	Se quiere que la máquina tenga una larga vida útil	Materiales resistentes
Geometría	Que el espacio para el acceso de las personas (largo de las barras) sea de 400mm	N	Se necesita que esta medida no sea menor a 400mm	Longitud no menor a 400mm
	Que la altura desde la base hasta la barra que esta horizontal sea de 800mm	N	Se necesita que esta medida no exceda los 800mm	Altura no mayor a los 800mm
Seguridad	Que sea una máquina segura cuando se utilice	N	Que sea un dispisitivo seguro para el usuario	Bajo riesgo para los usuarios
	Que contenga sistema anti-pánico	N	Que contenga un sistema antipanico para una evacuacion rapida y segura	Facil evacuación a la hora de una emergencia
Costo	que sea lo más económica posible, que no sean valores muy lejanos a los existentes	D	Se desea que no cueste mas de $1'500.000	Costo maximo deseado $2'100.000

Fuente: Autoría propia

3.3 DISEÑO CONCEPTUAL.

La etapa del diseño conceptual del producto es para entenderlo desde su funcionamiento, independiente de forma, mecanismos, geometría, etc. Gracias a esto podemos evaluar varias propuestas para solucionar el problema inicial teniendo en cuenta el cumplimiento de lo esencial.

3.3.1 Caja negra

La caja negra es la abstracción de un sistema que realiza una función determinada, conectado al entorno por medio de entradas y salidas.

La función de la caja negra es básicamente la definición de la función general o principal, que se desea realizar, establecer concretamente el tipo de entradas y salidas y punto de partida para definir sub funciones identificables.

En este caso la función principal es registrar ya que este es el objetivo de estas máquinas registradoras, registrar el acceso de personas a los buses o colectivos.

Ilustración 5. Caja negra

3.3.2 Descripción de la función principal

Como se expresa en la caja negra la función principal de nuestro diseño es REGISTRAR puesto que eso es lo que hace con las personas que ingresan a los buses o colectivos. A continuación se describirá el conjunto de actividades para poder realizar la función principal. La persona que ingresa al bus va a encontrar a su paso una barra de la máquina registradora, esta persona tendrá que aplicarle la fuerza suficiente para vencer el resorte que mantiene bloqueado el equipo, mientas esta persona va ingresando la barra va girando y es donde la persona es registrada la persona después de que la barra gire cierto ángulo definido.

3.3.3 Estructura funcional

En la estructura funcional se busca partir la función principal en sub funciones necesarias para que relacionadas cumplan con la función principal. Estas sub funciones se pueden definir como el funcionamiento interno de la caja negra, estas funciones se describirán a continuación.

Girar: La persona al pasar por la máquina y aplica una fuerza que por la configuración que tendrá el sistema girará. La persona aplica la fuerza a la barra que se encuentra en su paso y esta hace girar el conjunto de barras.

Guiar: El conjunto de barras contaría con una leva, la cual lleva un seguidor que es guiado por la leva cuando esta gira.

Transformar movimiento: Cuando se está girando se busca hacer una trasformación de movimiento circular a lineal.

Acumular: Aquí se acumula energía potencial cuando se genera el cambio de dirección haciendo que el sistema de compresión llegue hasta un punto almacenando energía.

Compensar: Esta sub función elimina la fuerza inercial a la hora de girar las barras, independiente del sentido de giro.

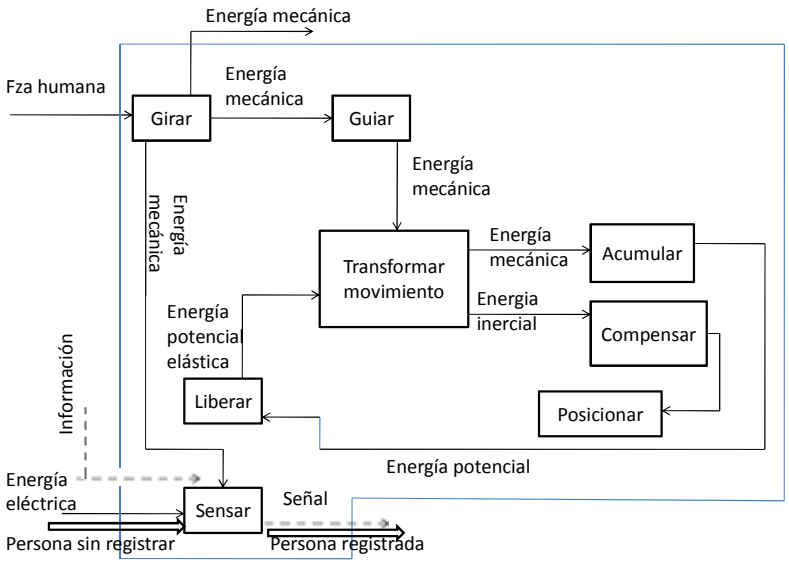
Liberar: Cuando el sistema de compresión esta en el punto necesario, se libera la energía potencial elástica acumulada.

Sensar: Sensar cuando se da un giro a las barras.

Posicionar: Aquí es el punto final/inicial para que otra persona sea registrada.

Las funciones mencionadas anteriormente se mostraran indicando la relación entre ellas, también se mostrará el límite en el que empieza y termina el funcionamiento en la ilustración 6.

Ilustración 6. Estructura funcional propuesta

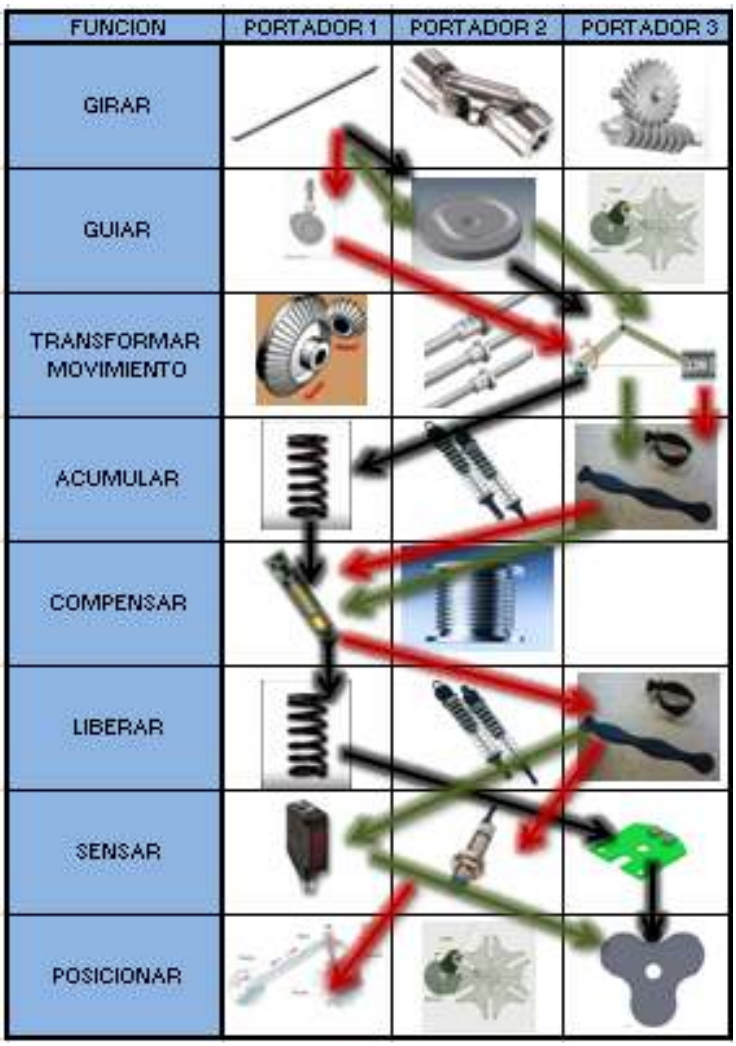


Fuente: Autoría propia

3.3.4 Matriz morfológica

La matriz morfológica esta para poder ver que diferentes elementos pueden desempeñar cada subfunción descrita en la estructura funcional anterior, el objetivo de esta matriz es combinar los elementos de cada sub función para obtener una serie de diseños del dispositivo. Estos se evaluarán y se seleccionará el mejor.

Tabla 2. Matriz morfológica

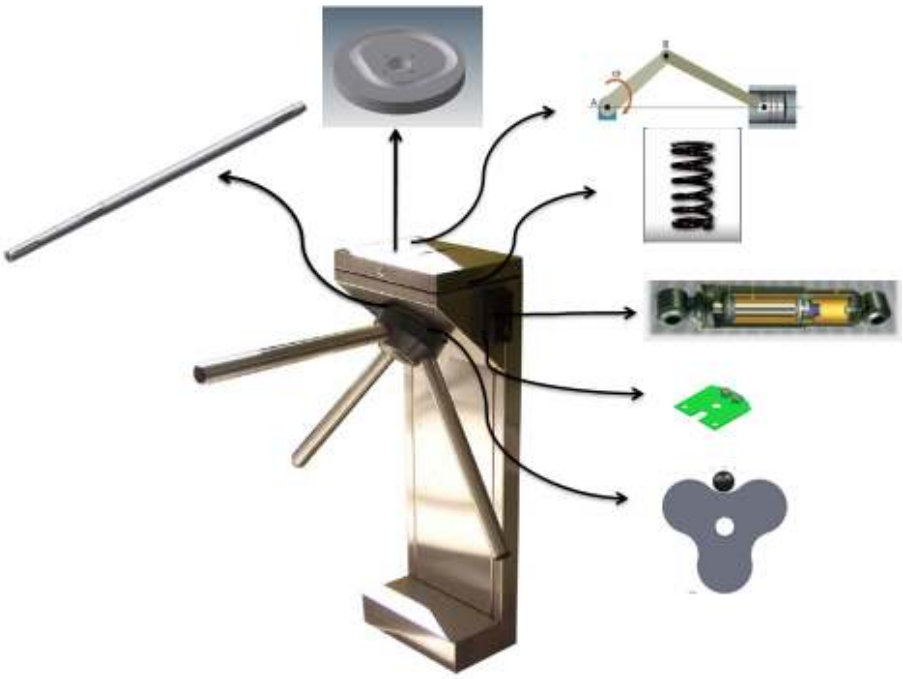


Fuente: Autoría propia

3.3.5 Arquitectura del producto

Las rutas que seguimos en la matriz morfológica son mostradas a continuación con su respectiva configuración, sus ventajas y desventajas.

Ilustración 7. Ruta 1 de la matriz morfológica



Fuente: Autoría propia

El resultado de la primera ruta es el que se ve en la ilustración 7, donde el giro del mecanismo se da por medio de un eje después de que el usuario aplique la fuerza necesaria. Este eje gira una leva que tiene un seguidor de leva fijo del juego de barras, pero en este caso estaría pivotado, ya que hay una barra que le aplicaría fuerza al resorte, el compensador que se ve tendría doble función, amortiguar la fuerza que se le aplique a la máquina y por otro lado compensar la fuerza inercial generada por la máquina sumada a la fuerza que libera el resorte previamente

comprimido. Todos estos movimientos estarían sensados por una tarjeta que lee cambios de polaridades de los imanes que se instalarían en la máquina.

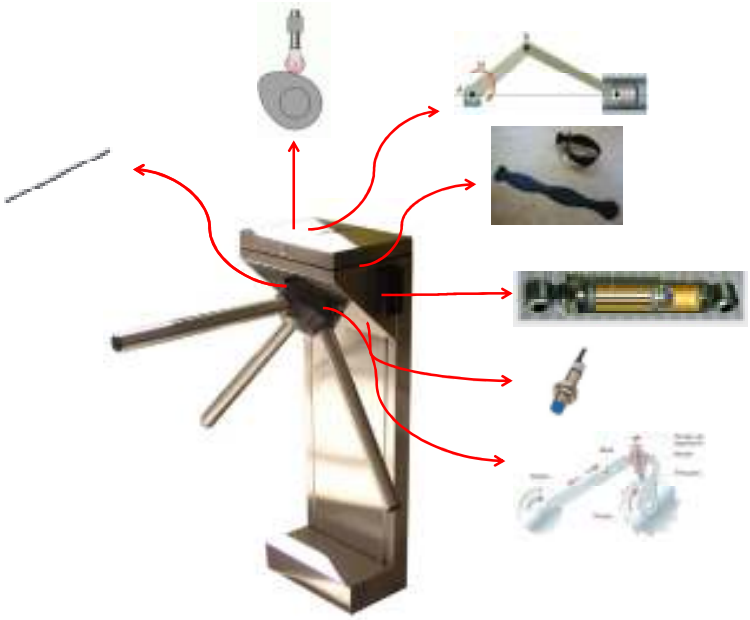
Ventajas:

- Elementos fáciles de conseguir
- Podrían ser elementos de poco tamaño
- Varios elemento comerciales.
- Elementos fáciles de mecanizar.

Desventajas:

- Fijación de las piezas, su tamaño podría ser un inconveniente.
- Tendrían que ser elementos resistentes a la fricción, lo que podría aumentar el costo.
- Es necesaria una fuente de energía para el sensor.

Ilustración 8. Ruta 2 de la matriz morfológica



Fuente: Autoría propia

El esquema que se observa en la ilustración 8 es la segunda ruta. En esta configuración también el giro del mecanismo se da por medio de un eje. Este elemento hace girar una leva sencilla que también esta fija a un seguidor de leva unido a un juego de barras exactamente igual a la primera ruta. Aquí la barra que se mueve linealmente (punto A) esta vez estira una especie de caucho, que se encarga de mantener en contacto la leva y el seguidor de leva, la función del compensador también seria la misma que en la configuración 1, la parte que sensa todo este mecanismo es un sensor inductivo. Asociado a la leva habrá un mecanismo para el bloqueo y posicionamiento de las barras.

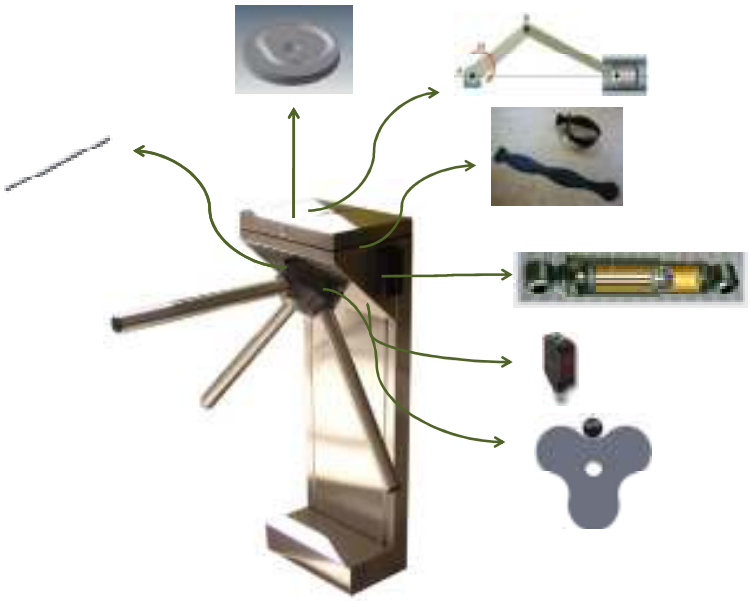
Ventajas

- Elementos fáciles de conseguir.
- Elementos de poco tamaño.
- Elementos fáciles de mecanizar.
- Varios elementos son comerciales.

Desventajas

- El caucho tiene una vida útil mucho menor que la del resorte, por lo que se debe tener muchos repuestos para evitar paros de funcionamiento.
- Fijación de las piezas, su tamaño podría ser un inconveniente.
- Tendrían que ser elementos resistentes a la fricción, lo que podría aumentar el costo.
- Es necesaria una fuente de energía para el sensor.
- Con ese mecanismo de bloqueo y posicionamiento la máquina solo puede girar en un solo sentido.

Ilustración 9. Ruta 3 de la matriz morfológica



Fuente: Autoría propia

La tercera ruta que se ve en la ilustración 9 muestra como en las dos rutas anteriores el mecanismo se gira por medio de un eje, esto hace girar una leva también unida a un seguidor de leva fijo a un juego de barras exactamente igual a las configuraciones anteriores, aquí como en la ruta 2 la el punto A del juego de barras estira un caucho, la función del compensador sigue siendo la misma que las otras 2 rutas, la parte del sensado es por medio de un sensor láser.

Ventajas.

- Elementos fáciles de conseguir.
- Elementos de poco tamaño.
- Elementos fáciles de mecanizar.
- Varios elementos son comerciales.

Desventajas.

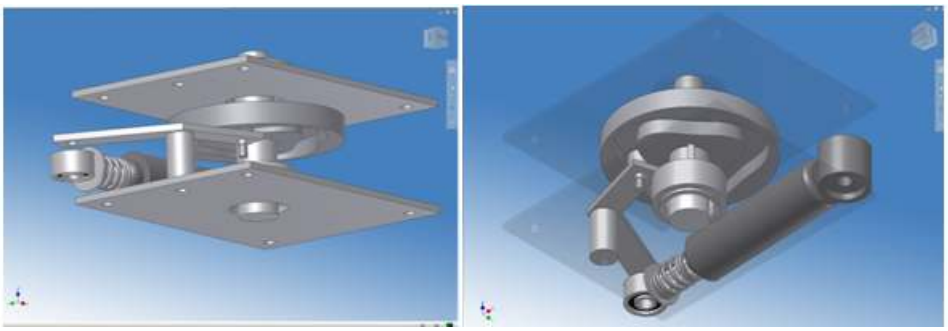
- El caucho tiene una vida útil mucho menor que la del resorte, por lo que se debe tener muchos repuestos para evitar paros de funcionamiento.
- Tendrían que ser elementos resistentes a la fricción, lo que podría aumentar el costo.
- Fijación de las piezas, su tamaño podría ser un inconveniente.
- Es necesaria una fuente de energía para el sensor.

Las tres rutas analizadas anteriormente se puede observar que constan de unos mecanismos parecidos pero que varían en sus elementos de configuración, el elemento base es la leva, se analizaron sistemas de compresión y tensión y varios tipos de sensores, después de mirar las ventajas y desventajas de las tres configuraciones se decide que la ruta 1 es la mejor opción ya que es una solución muy cercana a las necesidades requeridas.

3.3.6 Generación y selección de alternativa

Las siguientes ilustraciones son las diferentes alternativas del mecanismo de la máquina registradora, estas son posibles soluciones que están basadas en la ruta seleccionada para posteriormente mirar como estas diferentes opciones pueden suplir las necesidades descritas en la tabla de P.D.S.

Ilustración 10. Alternativa 1



Fuente: Autoría propia

Ilustración 11. Alternativa 2

Fuente: Autoría propia

3.3.7 Matriz de evaluación

El objetivo de la matriz de evaluación es comparar las alternativas generadas y mostradas anteriormente con las especificaciones del producto descritas en el P.D.S. Para esta evaluación cada requerimiento se ponderó según su importancia, esto para darle más peso a los requerimientos de mayor importancia para el buen funcionamiento de la máquina.

Cada una de las alternativas se evaluara de 0 a 5 según como cumpla el requerimiento siendo 5 excelente y 0 pésimo. A continuación se muestra la matriz de evaluación con los respectivos resultados.

Tabla 3. Matriz de evaluación

OBJETIVO	PESO	CRITERIO	PONDERADO	ALTERNATIVA	
				1	2
FUNCIONAMIENTO	40%	registre a la entrada y a la salida de los usuarios	35%	5	5
		Máquina inviolable, para evitar fraudes	35%	5	5
		Registro preciso	30%	5	5
		SUBTOTAL	100%	5	5
DISEÑO	30%	Ocupar el menor espacio posible	20%	5	3
		Fácil mantenimiento	20%	2	3
		Cómoda para los usuarios	20%	5	5
		Fácil montaje	10%	3	3
		Máquina estable	15%	4	3
		Larga vita útil	15%	5	5
		SUBTOTAL	100%	4,05	3,7
GEOMETRIA	5%	Largo de la las barras 400mm	50%	5	5
		Altura desde la base a la barras horizontal 800mm	50%	5	5
		SUBTOTAL	100%	5	5
SEGURIDAD	20%	Máquina segura cuando se utilice	50%	4	4
		Contenga sistema anti-pánico	50%	5	5
		SUBTOTAL	100%	4,5	4,5
COSTOS	5%	Lo más económica posible	100%	3	3
		SUBTOTAL	100%	3	3
TOTAL	100%			4,515	4,41

Según la matriz de evaluación la alternativa mas apropiada es la primera, pero por innovación se escoge la segunda.

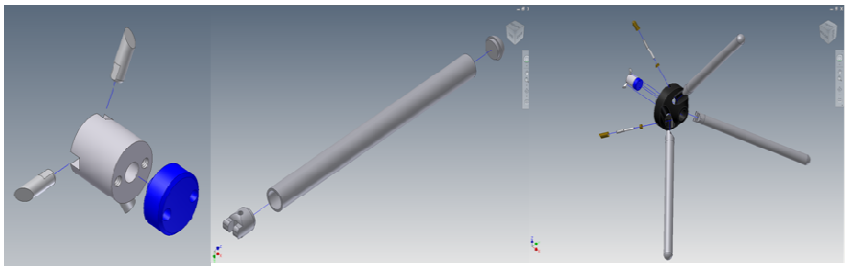
3.4 DISENO DE DETALLE.

La etapa de diseño de detalle se encarga de dimensionar el sistema, analizando al detalle los componentes que componen la máquina registradora especificando el uso y comportamiento cuando funciona la máquina.

3.4.1 Sistema de barras con sistema anti-pánico

Lo más usual de estos sistema es usar tres barras separadas entre ellas 120° para que queden igualmente espaciadas, estas barras están a 50° con respecto a su base, esto pensado en dejar el mayor espacio posible para el ingreso y descenso de personas en el vehículo. En la siguiente imagen que se ve a continuación se muestra las explosiones de los ensambles que componen el sistema de barras con sistema anti pánico. En la ilustración 12 en la parte de la izquierda se muestra el accionador que está formado por tres piezas diferentes (tres bloqueadores, la base deslizante y botón de accionamiento). En medio se muestra el ensamble de la barra, la base de esta es realmente importante ya que hacer parte del mecanismo del sistema anti pánico, cuenta también con un tubo y una tapa para este, todos estos componentes en acero inoxidable. Finalmente se muestra la explosión del ensamble completo del sistema que tiene como base una pieza negra en Nylon (material liviano y resistente al impacto) con un mecanizado especial para el funcionamiento del sistema anti pánico, partes en bronces como soporte de los pivotes en inoxidables para las barras.

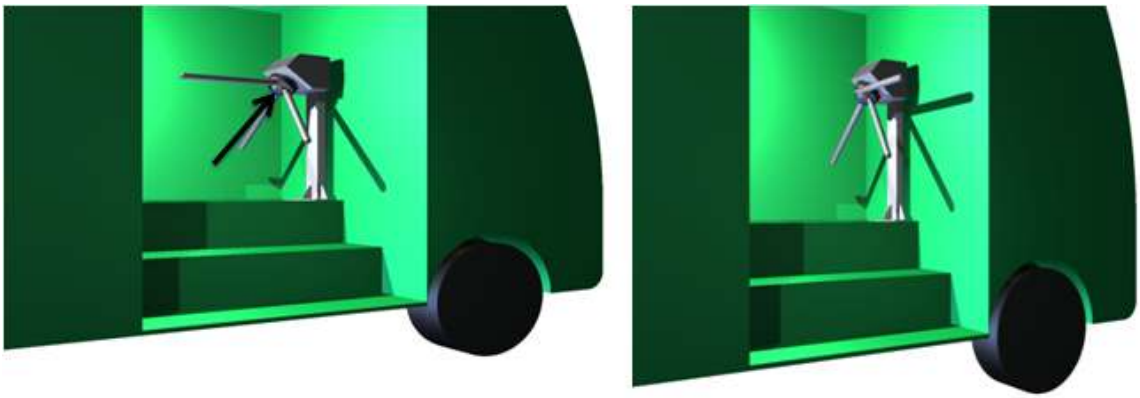
Ilustración 12. Sistema de barras y sistema anti-pánico



Fuente: Autoría propia

El funcionamiento del sistema es realmente sencillo, es un sistema que funciona únicamente en el sentido de salida del bus, básicamente es presionar 20 mm el botón azul con el que cuenta el sistema hasta liberar la barra que está obstaculizando el paso en el momento, basta con un pequeño empujón a la barra para que esta se mueva, ya que esta queda pivotada y se bloqueará al llegar al rotar los 90° grados que es posible girarla. Para que este sistema no sea una posibilidad de fraude se puede incorporar un sistema de micro controlador o PIK que tomara el dato exacto de cuando este sistema fue accionado. Cabe aclarar que esta máquina registradora se le puede incorporar un sistema de control electrónico, es decir, puede funcionar con tarjetas de acceso y hasta tener un control de radiofrecuencia donde se puede tener datos del funcionamiento de la máquina a distancia, todo esto puede ser posible según la necesidad y capacidad de cada cliente.

Ilustración 13. Sistema anti-pánico de la máquina registradora



Fuente: Autoría propia

3.4.2 Fijación sistema de barras

Esta fijación se efectua por medio de un disco perforado por donde pasan los tornillos que se ensamblan a la base del sistema de barras, este disco esta soldado a un eje que es el que transmite la fuerza aplicada por el usurario, este

eje tiene un cuñero para que tenga una unica forma de ensamble y ademas quede fijo al eje principal del mecanismo, la altura de este eje se puede regular, esto se logra mediante una tuerca ya que la punta del eje esta roscada, finalmente se le pone otra tuerca que haga la función de contra tuerca y así quede condenado el sistema.

Ilustración 14. Pieza de fijación del sistema de barras

Fuente: Autoría propia

3.4.3 Diseño de la leva del mecanismo

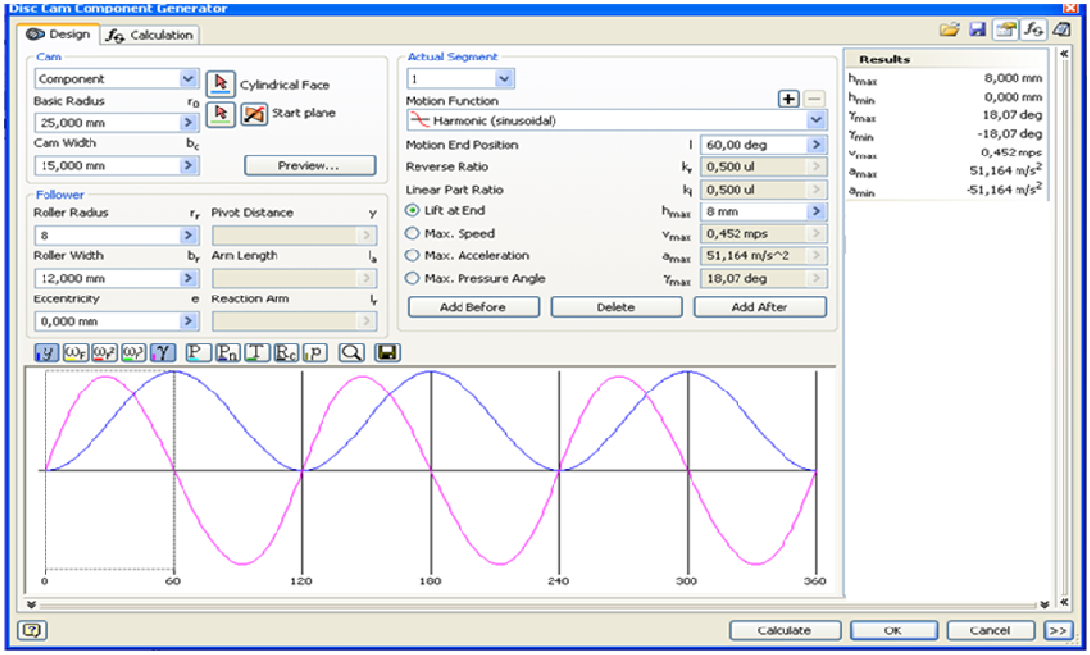
A continuación mostraremos el cálculo de la leva sabiendo que para que el sistema tenga un buen comportamiento dinámico, se intenta siempre que el ángulo de presión máximo no supere alrededor de los 30º. Dicho valor máximo dependerá del tamaño de la leva (El prisma, 2001).

Para las dimensiones de la leva se basa en dimensiones comerciales, inicialmente se coloca un radio medio de 25 mm así pensar en que el diámetro del eje principal tendrá entre 1” y 1-1/4” de diámetro, el espesor de 15 mm pensando en comprar el material de 5/8” para tener una pequeña ventaja para poderlo mecanizar. Por otro lado los seguidores de leva que se consiguen comercialmente

son de 12, 16 ó 19 mm de diámetro, donde se selecciona el seguidor de 16 mm de diámetro ya que trabajaría con un ángulo menor de 30º y su espesor (12 mm) estaría dentro del espesor de la leva. Esta leva es calculada por medio de un software de diseño Autodesk Inventor 2010, donde en la imagen que se verá a continuación mostrara todos los datos mencionados y los resultados que el software nos arroja con su respectiva modelación.

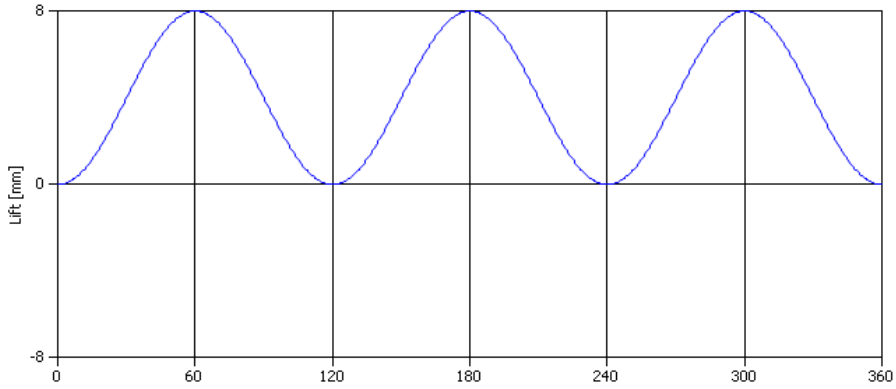
Los datos de 25 mm de radio medio de la leva, espesor de leva de 15 mm, seguidor de 8 mm de radio y espesor de 12 mm se ingresan al software de diseño como se muestra en la ilustración 16, este programa muestra las graficas de posición, velocidad, aceleración, ángulo de presión, fuerza normal y torque de la leva, estas gráficas se muestran desde la ilustración 16 hasta la ilustración 21.

Ilustración 15. Datos ingresados y resultados del cálculo de la leva



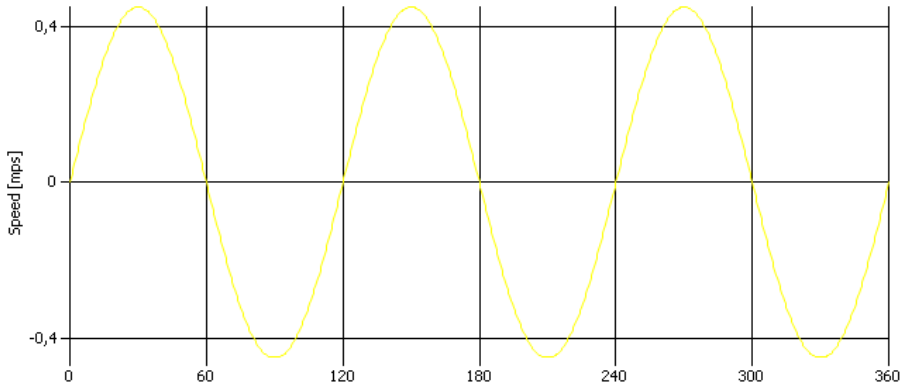
Fuente: Autoría propia

Ilustración 16. Gráfica de posición



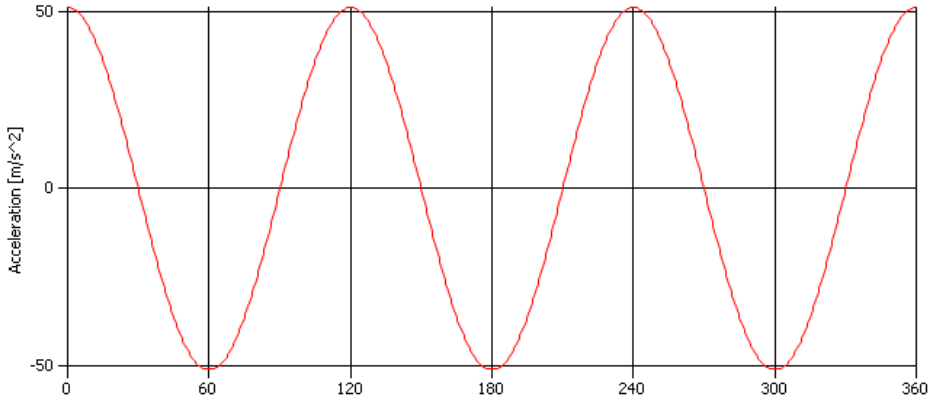
Fuente: Autoría propia

Ilustración 17. Gráfica de velocidad



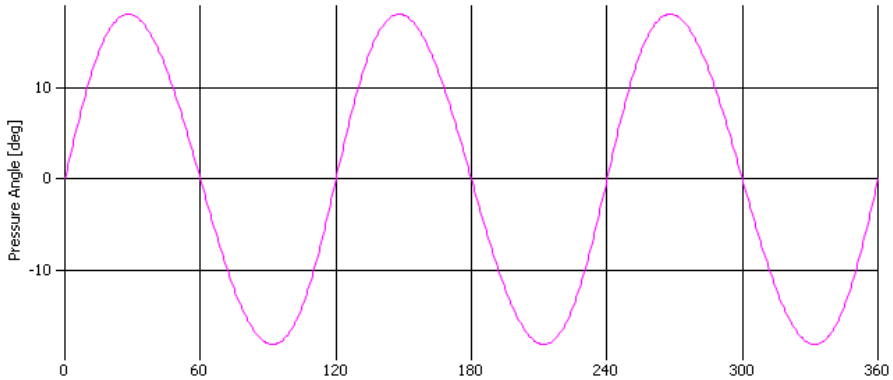
Fuente: Autoría propia

Ilustración 18. Gráfica de aceleración



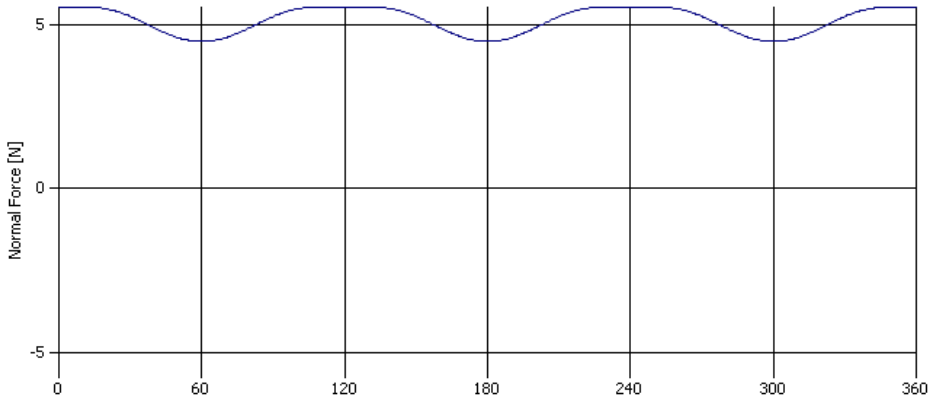
Fuente: Autoría propia

Ilustración 19. Gráfica de ángulo de presión



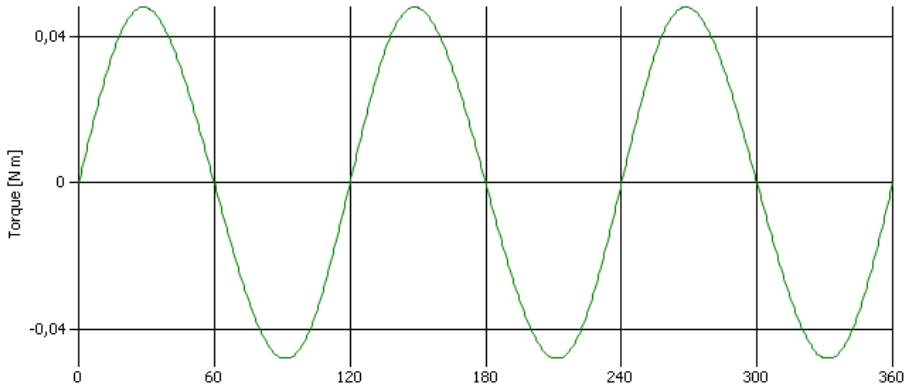
Fuente: Autoría propia

Ilustración 20. Gráfica de fuerza normal



Fuente: Autoría propia

Ilustración 21. Gráfica de torque



Fuente: Autoría propia

Los resultados del cálculo realizado por el software de diseño se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la leva y seguidor

RESULTADOS		
Posición máxima	h_{max}	8,000 mm
Posición mínima	h_{min}	0,000 mm
Velocidad máxima	v_{max}	0,452 m/s
Velocidad mínima	v_{min}	-0,452 m/s
Ángulo de presión máximo	γ_{max}	18,07°
Ángulo de presión mínimo	γ_{min}	-18,07°
Aceleración máxima	a_{max}	51,164 m/s^2
Aceleración mínima	a_{min}	-51,164 m/s^2
Fuerza del seguidor máxima	F_{max}	5,512 N
Fuerza del seguidor mínima	F_{min}	4,488 N
Fuerza normal máxima	Fn_{max}	5,531 N
Fuerza normal mínima	Fn_{min}	4,488 N
Torque máximo	T_{max}	0,048 N.m
Comprobación de cálculo		**Positiva**

Fuente: Autoría propia

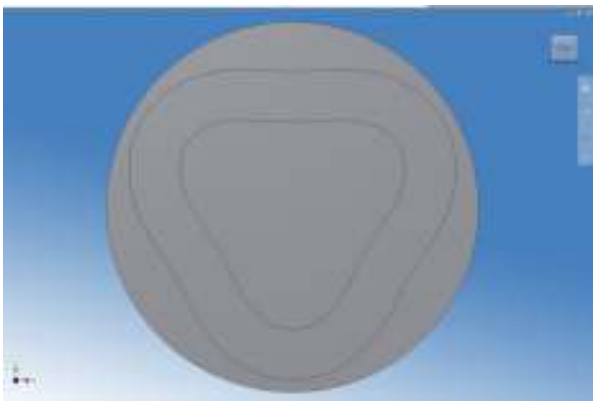
Después de ingresar los datos y haber calculado la leva, el programa Autodesk inventor 2010 da la modelación de la leva, esta modelación de muestra en la ilustración 22.

Ilustración 22. Resultado y leva arrojada por el software

Fuente: Autoría propia

Luego de tener la leva modelada hay que hacerle unos complementos para darle la forma que va a tener, inicialmente el espacio donde se va a desplazar el seguidor aunque probablemente más adelante la leva pueda tener algunos cambios.

Ilustración 23. Leva con sus complementos

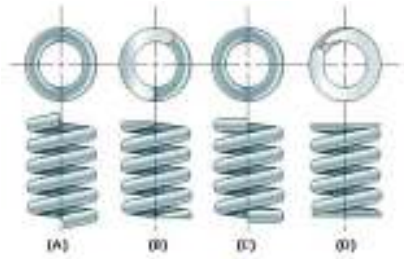


Fuente: Autoría propia

3.4.4 Diseño del resorte del mecanismo

El resorte que se utiliza es un resorte a compresión rectificado en ambos extremos, la ilustración 24(D) muestra como es este resorte. El alambre es de calibre 13.

Ilustración 24. Tipos de terminaciones en resortes



A: Simple sin maquinado
B: Simple y rectificada
C: Cuadrada sin maquinado
D: Cuadrada y rectificada

(El prisma, 2001)

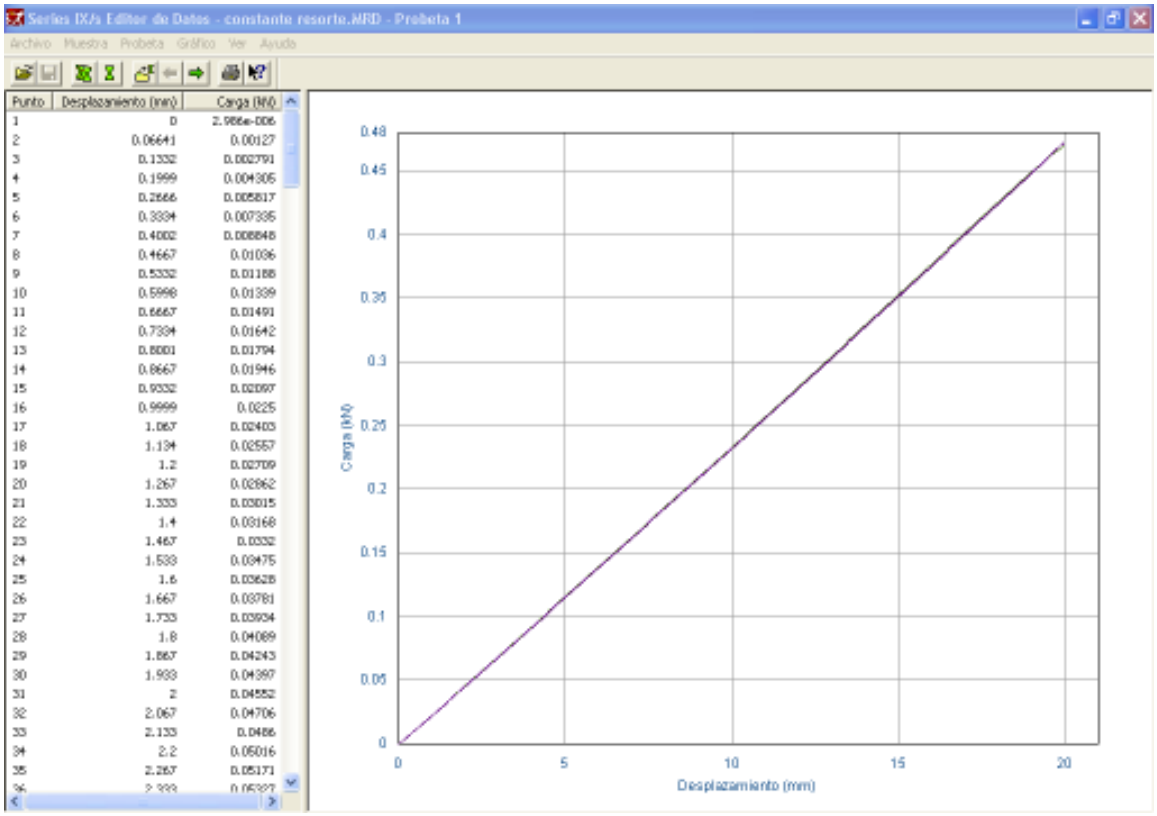
La constante del resorte se halla con la máquina universal de ensayos ubicada en los laboratorios de materiales de la Universidad EAFIT, la ilustración 25 muestra como se hace el ensayo.

Ilustración 25. Ensayo de medición del resorte

Fuente: Autoría propia

Lo máximo que se comprime el resorte es 27mm, con estos dos datos se calcula la fuerza necesaria para comprimir el resorte a esta distancia, la ilustración 26 muestra el comportamiento del resorte.

Ilustración 26. Gráfica del comportamiento del resorte



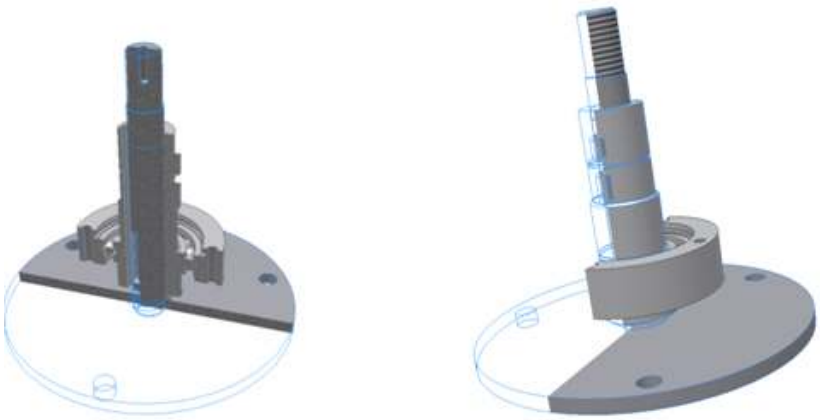
Fuente: Autoría propia

$$K = 23625$$
$$x = 27mm = 0.027m$$
$$F_R = K.x$$
$$F_R = 637.9N$$

3.4.5 Eje principal

Este es el eje mas importante en el mecanismo por varios motivos, este eje es el encargado de transmitir el movimiento generado por la fuerza que aplica el usuario, además de esto es el que soporta la leva y genera todos los topes de las partes que están en contacto con él. La ilustración 27 se muestra un corte con la forma del eje y algunas de las piezas que están involucradas con este.

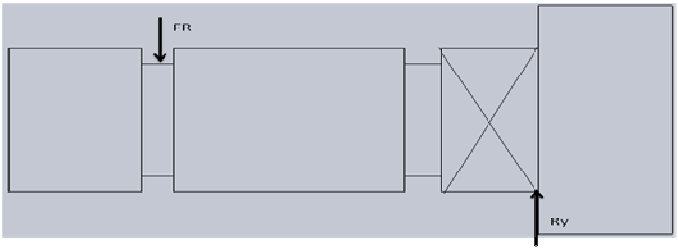
Ilustración 27. Eje principal



Fuente: Autoría propia

El eje tiene una reacción Ry en el rodamiento como se muestra en la ilustración 28, para seleccionar el rodamiento adecuado se debe hallar esta fuerza que actúa en el rodamiento.

Ilustración 28. Fuerza sobre el eje



$$\sum F_y = 0;$$

$$R_y - F_R = 0$$
$$R_y = F_R = 637.9N$$

Para la fuerza $R_y = 637.9N$ rodamiento adecuado es de número 6006 con las siguientes especificaciones:

Diámetro interno $d = 30mm$

Diámetro externo $d = 55mm$

Espesor $B = 13mm$

Carga dinámica $C_d = 13.8kN$

Carga estática $C_e = 8.3kN$

Velocidad angular $w = 28000RPM$

Masa $m = 0.12kg$

(SKF, 2002)

Este eje es hueco ya que lleva otro eje internamente por lo que hay que seleccionar dos cuñas, la que va en el exterior y la que hay entre los dos eje, para seleccionar las cuñas respectivas se utiliza la tabla que se ve a continuación conociendo los diámetros respectivos en donde van las cuñas.

Tabla 5. Tabla para la selección de cuñas

Tabla 8-20

Dimensiones en pulgadas para algunas aplicaciones de cuñas cuadradas y rectangulares estándar

Fuente: Joseph E. Shigley, "Unthreaded Fasteners", capítulo 22, en Joseph E. Shigley and Charles R. Mischke (eds.), *Standard Handbook of Machine Design*, 2a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1996.

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	Profundidad del cuñero
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
		$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
		$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

(Shigley, 2002)

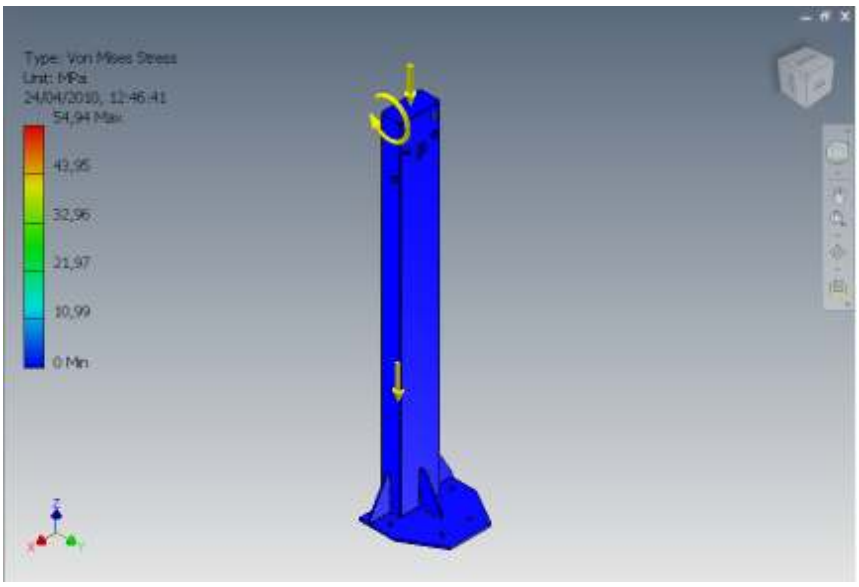
El eje exterior donde va la cuña tiene un diámetro de 30 mm lo que en pulgadas es aproximadamente $1\,{}^{1}\!/_{4}''$ con este valor se escoge una cuña cuadrada con $w = \frac{1}{4}''$, $h = \frac{1}{4}''$ y profundidad de cuñero de $\frac{1}{8}''$.

El eje interior donde va la cuña para los dos eje tiene un diámetro de 17.2 mm lo que en pulgadas es aproximadamente $\frac{3}{4}''$ con este valor se escoge una cuña cuadrada con $w = \frac{3}{16}''$, $h = \frac{3}{16}''$ y profundidad de cuñero de $\frac{3}{32}''$.

3.4.6 Análisis de la estructura de la máquina registradora.

La estructura soporta aproximadamente 11.2 Kg, se hace un análisis de esfuerzo en el programa Autodesk Inventor 2020, la ilustración 29 muestra el esfuerzo de von Mises.

Ilustración 29. Análisis de esfuerzo de Von Mises



Fuente: Autoría propia

Como se puede observar la estructura no falla en ningún punto y no presenta mayores deformaciones.

4. MODELACIÓN DE LA MAQUINA REGISTRADORA CON SUS RESPECTIVOS PLANOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

El software utilizado para la modelación y algunos cálculos del prototipo en 3D de la máquina registradora es el Autodesk Inventor 2010 lo cual convierte este programa en una herramienta indispensable, ya que ofrece nueva utilidad y avances en productividad para el diseño 3D, simulación, el intercambio de datos y la creación de piezas plásticas. El software Autodesk Inventor, base de la solución de Autodesk para los Prototipos Digitales, produce un modelo 3D preciso que permite a los usuarios validar la forma, el ajuste y la función de un diseño antes de construirlo. La línea de productos Autodesk Inventor 2010 incorpora una poderosa tecnología de escritorio fácil de utilizar para ayudar a los usuarios a crear prototipos digitales exactos que llevan productos al mercado más rápidamente y al menor costo.

El programa es usado de una forma básica, se utilizan las operaciones más comunes y se realizan análisis sencillos capaces de correr en nuestros equipos, ya que sabemos que este programa tiene grandes capacidades para realizar análisis dinámicos y simulaciones que nos podría acercar más a una maquina optima para los objetivos, pero para lograr estos datos y simulaciones se debe contar con un equipo de mucha capacidad que inclusive pocas empresas poseen tales equipos.

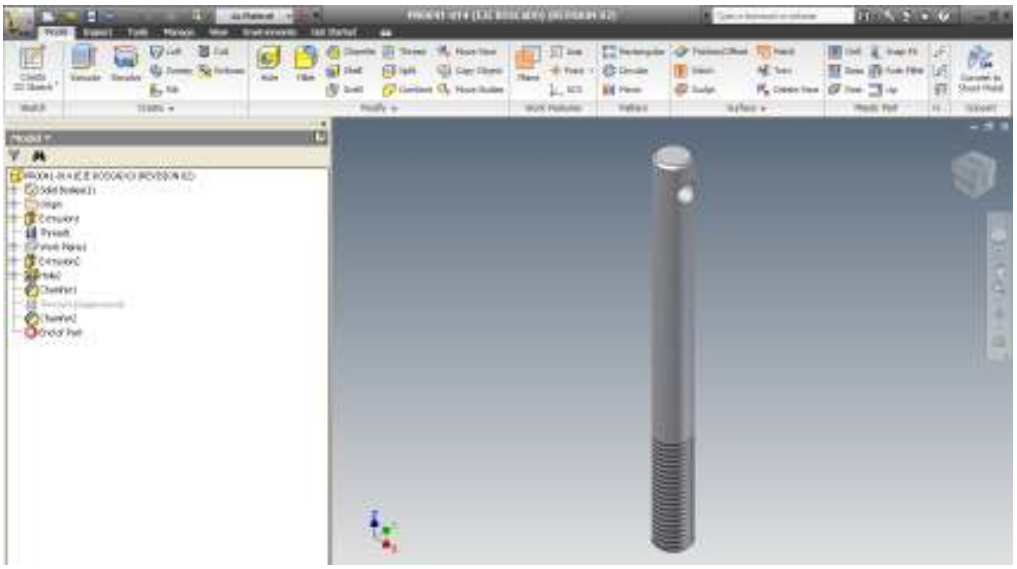
Con este software también se realizan los planos de taller donde se pueden definir varios parámetros de las piezas por las cotas dadas y el cajetín implementado, en estos planos podemos encontrar:

- Nombre de la pieza
- Material

- Revisión
- Fechas
- Código
- Responsables
- Servicios para la fabricación
- Medidas y notas necesarias de la pieza.
- Permite tener un mejor control sobre el producto resultante, cuando de planos de taller de habla.

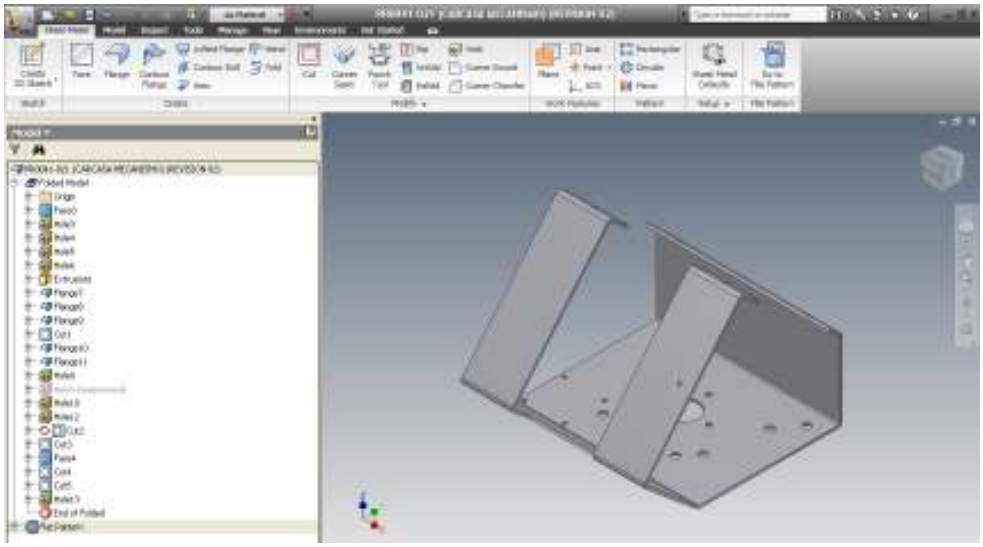
A continuación se muestran unas imágenes del ambiente que se tiene al trabajar con Autodesk Inventor en sus diferentes opciones.

Ilustración 30. Ejemplo de modelación de partes en Autodesk inventor



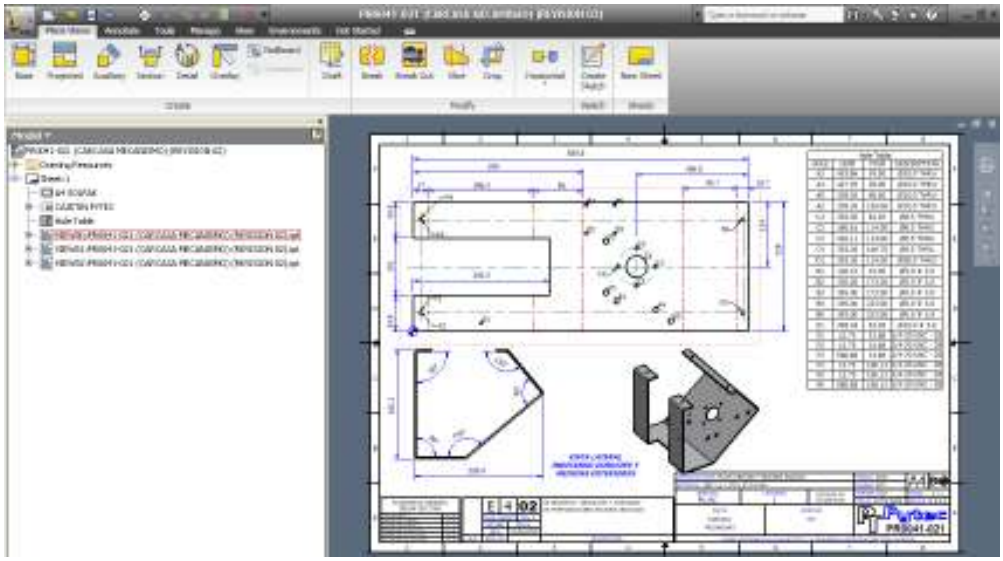
Fuente: Autoría propia

Ilustración 31. Ejemplo de modelación de lámina de Autodesk Inventor



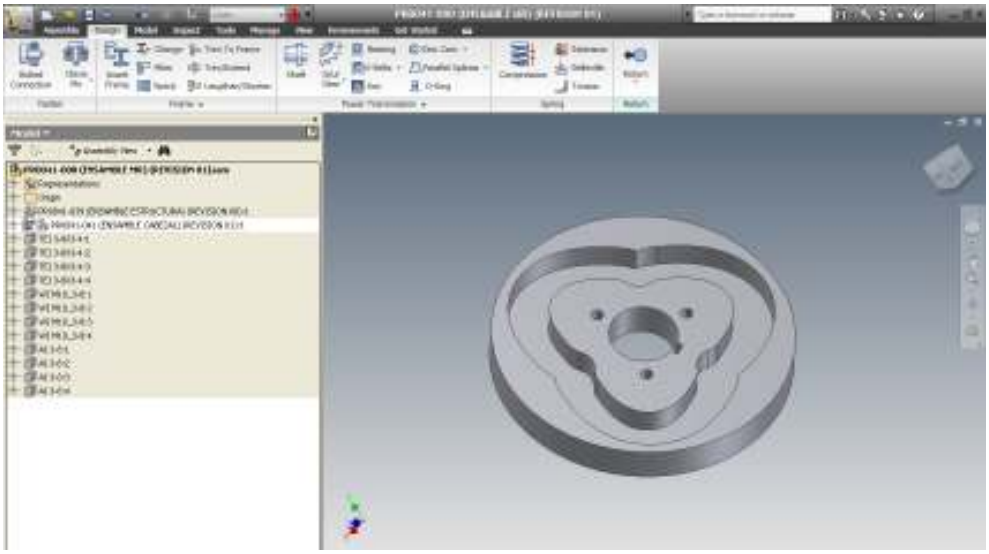
Fuente: Autoría propia

Ilustración 32. Ejemplo de planos de taller en Autodesk Inventor



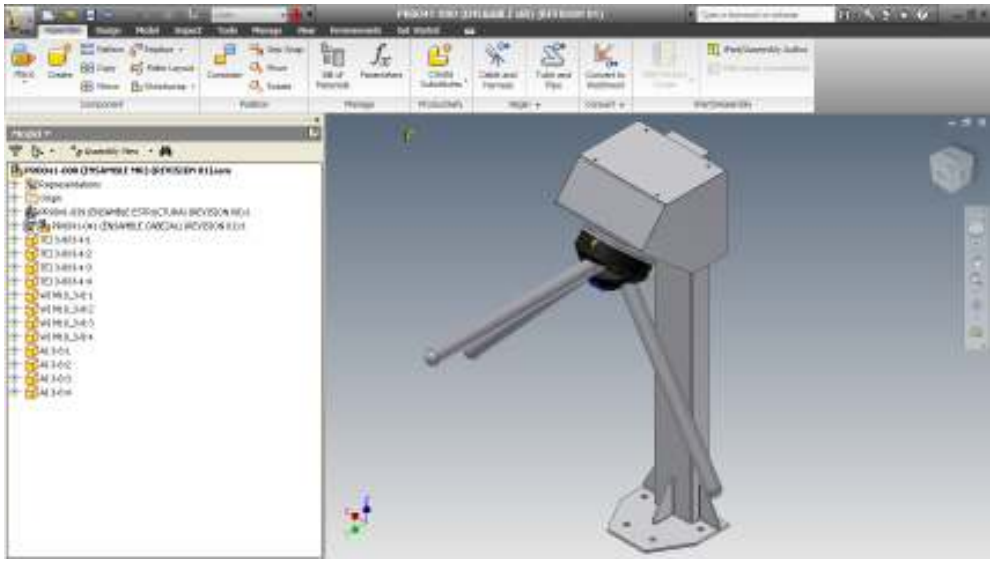
Fuente: Autoría propia

Ilustración 33. Ejemplo de diseño de componentes mecánicos en Autodesk Inventor



Fuente: Autoría propia

Ilustración 34. Ejemplo de ensambles en Autodesk Inventor



Fuente: Autoría propia

CONCLUSIONES

- Lo más importante cuando se va a diseñar un dispositivo o una máquina, es conocer como es el funcionamiento o la metodología del proceso que realiza. Esta información permite conocer bien el tema y poder identificar variables que intervengan en el funcionamiento.

- El diseño conceptual es una herramienta que permite entender, analizar y observar el problema detalladamente y este genera varias alternativas de diseño las cuales pueden satisfacer las necesidades identificadas, creando diseños funcionales e innovadores.

- La modelación de la máquina en un sistema CAD se realiza con el fin de visualizar y ajustar los componentes en un ensamble el cual sea lo diseñado. La construcción de la máquina es definida por lo planos de taller de cada componente.

BIBLIOGRAFIA

Shigley, J. E. (2002). Diseño en Ingeniería mecánica (Sexta ed.)

Banco de la República. (2005). Obtenido Marzo 2010, de http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/pdf/DTSER-45.pdf

El prisma. (2001). Obtenido en Marzo 2010, de http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=15154

ICONTEC. (2007). Obtenido en Febrero 2010, from http://www.icontec.org.co

SKF. (2002). Obtenido en Abril 2010, from http://www.skf.com/portal/skf/home