



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

*Empresa:*

Mondragon Assembly S.A. de C.V.

*Nombre del proyecto:*

Diseño mecánico para una estación de ensamble de un módulo de control de carrocería (BCM), mediante ingeniería asistida por computadora para la industria Hella Automotive México.

*Carrera:*

Ingeniería Mecánica

*Presenta:*

Francisco David Gordillo Espinoza

*Asesor externo:*

Ing. David Boillos Sáez

*Asesor interno:*

M. C. Juan Carlos Niños Torres

Tuxtla Gutiérrez Chiapas, 20 de mayo de 2016



## Tabla de contenido

Capítulo 1 .....	8
1.1 Introducción .....	9
1.2 Justificación .....	10
1.3 Objetivos .....	11
1.3.1 General .....	11
1.3.2 Específicos .....	11
Capítulo 2 .....	12
2.1 Datos de la empresa.....	13
2.1.1 Antecedente de la empresa .....	13
2.1.2 Ubicación de la empresa .....	14
2.1.3 Misión.....	14
2.1.4 Perfil grupo Mondragón Assembly .....	14
2.1.5 Mercado .....	15
2.1.6 Clientes de Mondragón Assembly.....	15
2.1.7 Responsabilidad social de Mondragón Assembly .....	15
2.1.8 Organigrama de la empresa .....	15
2.2 problemática a resolver .....	16
2.3 Especificaciones de la línea de ensamble. ....	17
2.3.1 Estación 1105, ensamble de la tapa superior (housing top) con la tarjeta de circuito impreso (PCB).....	17
2.3.2 Estación 1106 (ensamble del housing bottom con el housing top) .....	18
2.4 Precio.....	18
2.5 Alcances y limitaciones .....	19
2.5.1 Alcances.....	19
2.5.2 Limitaciones .....	19
Capítulo 3 .....	20
3.1 El diseño en la ingeniería mecánica .....	21
3.2 Fases e iteraciones del proceso de diseño mecánico .....	21
3.3 Consideraciones de diseño.....	22
3.4 Proceso de diseño en Mondragón Assembly México .....	22



3.4.1	Planteamiento general.....	22
3.4.2	Planteamiento general en base a la solicitud de presupuestos (RFQ) y cotización.....	23
3.4.3	Diseño mecánico general de la máquina. ....	24
3.4.4	Validación interna del diseño.....	24
3.4.5	Validación del diseño con el cliente .....	25
3.4.6	Diseño en detalle del puesto.....	25
3.4.7	Creación de planos de piezas .....	25
3.4.8	Validación de planos .....	25
3.5	Herramientas computacionales del diseño mecánico .....	26
3.6	Solid Works.....	27
3.6.1	¿Qué es Solid Works?.....	27
3.7	Estructuración de los elementos que conformaran cada estación de ensamble. ....	27
3.7.1	Elementos y funciones de la estación 1105 .....	28
3.7.2	Elementos y funciones de la estación 1106 .....	32
Capítulo 4	.....	34
4.1	Análisis del problema .....	35
4.1.1	Introducción al proceso.....	35
4.1.2	Prensa electromecánica PROMESS .....	35
4.1.3	Actuadores lineales y pinza de Bernoulli .....	36
4.1.3.1	Actuador lineal FESTO® .....	36
4.1.3.2	Pinza de Bernoulli.....	37
4.1.4	Rieles y guías THK® .....	39
4.1.4.1	Valores de carga y vida útil .....	39
4.1.5	Prensa manual SCHMIDT®.....	43
4.2	Conceptos teóricos.....	44
4.2.1	Esfuerzo.....	44
4.2.2	Deformación unitaria axial. ....	46
4.3	Diseño de las estaciones de la línea de ensamble .....	47
4.3.1	Diseño de bancada 1105. ....	49
4.3.2	diseño de bancada 1106 .....	52
4.4	Diseño de alojamientos para el producto .....	53
4.4.1	Diseño de alojamiento para la tarjeta de circuito impreso (PCB). ....	53



4.4.2	Diseño de alojamientos para la tapa superior (housing top).....	58
4.5	Diseño de herramientas .....	60
4.5.1	Diseño de herramental de la estación 1105. ....	60
4.5.2	Diseño de herramental de la estación 1106. ....	61
4.6	Diseño de soporte para prensa PROMESS® .....	64
Capítulo 5	.....	70
5.1	Resultados .....	71
5.2	Conclusiones.....	73
Capítulo 6	.....	74
6.1	fuentes de información .....	75
Capítulo 7	.....	76
Anexo 1.-	hojas técnicas de los componentes usados en la estación 1105.....	77
Anexo 2.-	Planos de ensamble de las estaciones 1105.....	80
Anexo 3.-	Planos ensamble de la estación 1106.....	82
Anexo 4	Planos de los componentes del producto.....	84
Anexo 5	Plano de alojamiento de producto para PCB.....	86
Anexo 6	Plano de placa base para los alojamientos .....	86
Anexo 7	Alojamientos para tapa superior (housing top).....	87
Anexo 8	Catalogo THK D-809S.....	88

## Tabla de figuras

Figura 1 Ubicación de la empresa (Mondragón Assembly México).....	14
Figura 2 Organigrama de la empresa .....	15
Figura 3 Layout (bosquejo) de la línea de ensamble.....	16
Figura 4 Proceso e iteración de diseño mecánico.....	21
Figura 5 Diagrama de instalación de la prensa PROMESS® .....	36
Figura 6 Eje lineal de husillo FESTO® .....	37
Figura 7 Corte transversal de la pinza de Bernoulli.....	38
Figura 8 Pinza de Bernoulli con tarjeta de circuito impreso (PCB).....	38
Figura 9 Estructura de riel y guía THK® .....	39
Figura 10 Direcciones de cargas y momentos admisibles.....	41
Figura 11 Representación de los 3 momentos admisibles estáticos .....	42
Figura 12 Representación de tolerancias para fabricación de soporte .....	44
Figura 13 Barra prismática en tensión: (a) diagrama de cuerpo libre de un segmento de la barra, (b) segmento de la barra antes de la aplicación de las cargas, (c) segmento de la barra después de la aplicación de las cargas y (d) esfuerzos normales en la barra. ....	45
Figura 14 Deformación de una barra cargada axialmente.....	47
Figura 15 Componentes de módulo de control de carrocería frontal (BCM FRONT) .....	48
Figura 16 Componentes de módulo de control de carrocería trasero (BCM REAR) .....	48
Figura 17 Sketch del perfil Bosch 90x90.....	49
Figura 18 Extrusión para generar perfil Bosch .....	50
Figura 19 Bancada finalizada.....	51
Figura 20 Patas Niveladores Bosch .....	52
Figura 21 Extrusión del sketch 3D para generar el solido de la bancada .....	53
Figura 22 Sketch 3D de la bancada .....	53
Figura 23 Barra de acero SAE 4041-T.....	54
Figura 24 Ensamble para generar geometría a la barra de acero SAE 4041-T.....	55
Figura 25 Alojamiento con recortes, para el asentamiento de la tarjeta de circuito impreso (PCB) .....	55
Figura 26 Dimensiones de la placa base para los alojamientos.....	57
Figura 27. Ensamble de pallet (alojamientos con placa base) .....	57
Figura 28 Representación de los alojamientos en la tapa superior (Housing top) .....	58
Figura 29 Ensamble de pallet (alojamientos con tapa superior) .....	59
Figura 30 Representación el diseño de los 4 pallets, 2 para la tarjeta de circuito impreso y 2 para la tapas superior .....	59
Figura 31 Vista explosionada de herramental.....	60
Figura 32 Herramental superior.....	61
Figura 33 Herramental de la estación 1106 .....	62
Figura 34 Ubicación de los pisadores en el módulo de control de carrocería trasero (BCM REAR). .....	62
Figura 35 Ubicación de los pisadores en el módulo de control de carrocería frontal (BCM REAR).. .....	63
Figura 36 Ensamble general de la estación 1106.....	63
Figura 37 Propuesta para soporte de la prensa PROMESS® .....	64
Figura 38 Propiedades de masa de la prensa PROMESS.....	65

Figura 39 Propiedades de placa base de herramental.....	65
Figura 40 Propiedades de herramental.....	66
Figura 41 Propiedades de masa del soporte propuesto .....	67
Figura 42 Estudio de desplazamiento .....	67
Figura 43 Estudio de deformación de Von Mises.....	68
Figura 44 Herramental con todos sus componentes .....	69
Figura 45 Ensamble general de la estación 1105.....	69
Figura 46 Comparación de la estación diseñada en SolidWorks y la estación en físico .....	72
Figura 47 Comparación de la estación diseñada en SolidWorks y la estación en físico .....	73
Figura 48 Hoja técnica de los momentos y fuerzas ejercidas en el eje de usillo .....	77
Figura 49 Hoja técnica para la selección de unidades de mantenimiento.....	78
Figura 50 Hoja técnica de las pinzas de Bernoulli .....	79
Figura 51 Catalogo THK D-809S.....	88

## Tabla de ecuaciones

Ecuación 1 vida útil de rieles THK® .....	39
Ecuación 2 tiempo de vida de rieles THK® .....	40
Ecuación 3 carga equivalente en rieles THK® .....	41
Ecuación 4 Esfuerzos normales.....	45
Ecuación 5 Deformaciones unitarias axiales.....	46
Ecuación 6 Ley generalizada de Hooke.....	46
Ecuación 7 Despeje de deformación unitaria.....	46
Ecuación 8 Despeje de deformaciones axiales.....	46
Ecuación 9 Deformación en sección transversal uniforme.....	46



## Agradecimientos

Primeramente dio gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia en la universidad, agradezco infinitamente a mi Madre, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por tener siempre fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como un hombre de bien, y por ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a vivirla, no hay palabras en este mundo para agradecerte Mamá.

Agradezco al instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por permitir convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada profesor que hizo parte de este proceso integral de formación.

Agradezco a mis abuelos que me dieron ánimos, amor y todo el apoyo incondicional.

Agradezco a cada uno de mis amigos compañeros de estudios, gracias por todos esos buenos e inolvidables momentos que pasamos, gracias por hacer las noches de estudios en algo divertido.



# Capítulo 1

Introducción

Justificación

Objetivos



## 1.1 Introducción

La necesidad de hacer reparaciones o modificaciones a las instalaciones industriales surge casi a la par del comienzo de la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII y con los procedimientos para atender la demanda. Dicha necesidad va desde un mantenimiento menor, como el cambio de un simple tornillo o lubricación, hasta el reacomodo de toda o parte de una planta e inserción de nuevas máquinas al esquema operacional.

El siguiente proyecto fue realizado en el parque industrial innovación Querétaro en la empresa Mondragón Assembly, el proyecto realizado es propuesto por la empresa HELLA Automotive México S.A de C.V, Mondragón Assembly es una empresa con más de 35 años de experiencia en diseño mecánico y automatización, es un referente en el desarrollo y manufactura de equipos automatizados de producción.

Este proyecto se realizó con la finalidad de diseñar un sistema mecánico de traslación mediante un software de diseño para comprobar su funcionalidad a partir de ciertos sistemas de traslación, para la adaptación y cumplimiento de los requerimientos de producción.

El principal objetivo del presente trabajo es el diseño de una línea de ensamblaje que consta de tres estaciones, las cuales dos estaciones estarán a cargo de su servidor, estas dos estaciones tendrán tareas específicas para el ensamble del módulo de control de carrocería (BCM), en la primera estación se encargara de la inserción de la tarjeta de circuito impreso (PCB) a la tapa superior del módulo de control de carrocería (BCM) automáticamente, la segunda estación se encargara de la inserción de la tapa inferior con la tapa superior esta etapa será completamente mecánica y la tercera estación se encargara de una inspección de calidad mediante sensores y cámaras estos se encargaran de detectar fallas en los pines de la tarjeta de circuito impreso (PCB).

## 1.2 Justificación

La principal problemática por la cual surge este proyecto es inspeccionar los pines que contiene la tarjeta de circuito impreso (PCB) que se encuentra el módulo de control de carrocería (BCM) esto con lleva a diseñar una línea de ensamble que contara con un total de tres estaciones de las cuales nos encargaremos de diseñar dos, la primera se encargara de la inserción de la tarjeta de circuito impreso (PCB) a la tapa superior (housing top), esto realizara mediante un dispositivo llamado pick and place (elegir y recoger), este dispositivo estará controlado mediante sensores de posición dichos sensores tendrán un indicador de luz, este se encargara de indicar si la tarjeta de circuito impreso (PCB) y la tapa superior (housing top) se encuentran en la posición correcta para realizar la inserción de ambos componentes, ya una vez echo la inserción del producto se lleva manualmente a la siguiente estación, esta se encarga de hacer un prensado, esto con lleva a la inserción de la tapa superior (housing top) y la tapa inferior (housing bottom) del módulo de control de carrocería (BCM). La tercera estación se encargara de la inspección de los pines mediante un sistema de cámaras y escáner esto se realizara por calidad del producto, la cámara tomara una seria de fotos y las reflejara en un interfaz de usuario (HMI) y ahí es donde el operador sabrá si los pines están dañados o en su defecto que el producto haya sido fallido, si los pines se encuentran dañados el operador usará unos gages (galgas de medida) que servirán para corregir el alineamiento de los pines y si el producto esta fallido se manda a la caja de rechazo que se encuentra en la parte inferior de la estación.

La línea de ensamble está diseñada para futuros modelos de módulo de control de carrocería (BCM) ya que el cliente HELLA AUTOMOTIVE MEXICO así lo menciona en sus especificaciones del proyecto en la solicitud de presupuestos (RFQ).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Hella Automotive México, solicitud de presupuestos (RFQ) 2016

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 General

Diseñar un sistema mecánico de una maquina industrial, para la realización de inserción y pruebas de funcionamiento mediante un software de diseño para comprobar su funcionalidad, para el cumplimiento de los procesos en la línea de ensamble.

### 1.3.2 Específicos

- Analizar el problema a resolver.
- Proponer y analizar las soluciones a la problemática del diseño.
- Analizar especificaciones de los dispositivos propuestos por el cliente en la solicitud de presupuestos (RFQ).
- Diseñar un mecanismo de traslación e inserción a partir de las especificaciones del cliente.
- Proponer sistemas para el levantamiento, traslación e inserción de tarjeta de circuito impreso (PCB).
- Diseñar los herramentales (tooling) para el alojamiento del producto.
- Diseñar bancadas donde se alojaran los herramentales (tooling), platina neumática, gabinete eléctrico etc.



# Capítulo 2

Datos de la empresa

Problemática a resolver

Alcances y limitación

## 2.1 Datos de la empresa

El perfil de Ingeniero Mecánico es muy amplio, por lo que se puede desarrollar en diversas áreas, como puede ser en el diseño mecánico, automatización de líneas de producción, para este informe técnico se verán implicados estas dos áreas que se han mencionado anteriormente que será desarrollado en la empresa española “Mondragón Assembly México S.A de C.V”. Este proyecto es financiado por la empresa HELLA AUTOMOTIVE MEXICO (HAME).

### 2.1.1 Antecedente de la empresa

Mondragón Assembly es un grupo internacional consolidado que se especializa en el desarrollo de soluciones integradas de automatización.

La empresa matriz en España se creó en 1977, siendo uno de los pioneros en el uso de procesos de alta tecnología como máquinas robotizadas, visión, sistemas de dispensado, sistemas de pegado, soldadoras y de pruebas.

Mondragón Assembly tiene más de 35 años de rica experiencia en la automatización, el establecimiento de un punto de referencia el desarrollo y fabricación de equipos de producción automatizados.

Somos especialistas en el diseño, fabricación e instalación, son ampliamente utilizados en una variedad de sistemas de automatización de procesos.

Ofrecemos una variedad de máquinas de alta velocidad, optimizado para sistemas automáticos y semi-automatizado.

### 2.1.2 Ubicación de la empresa

Mondragón Assembly México S.A de C.V se encuentra ubicado en el parque tecnológico innovación Querétaro carretera estatal 431 km. 2+200, lote 45 municipio el Márquez, Querétaro.



Figura 1 Ubicación de la empresa (Mondragón Assembly México)

### 2.1.3 Misión

Somos un grupo internacional, compuesta por un equipo grande. Los miembros del equipo activos y responsables, tienen raíces profundas en el espíritu Mondragón Assembly.

Diseñamos y desarrollamos soluciones de automatización integradas. Además de la venta de equipos, también ofrecemos servicios de consultoría fiables.

### 2.1.4 Perfil grupo Mondragón Assembly

Somos una parte del mayor grupo cooperativo del mundo: Mondragón Corporación. El grupo fue creado en 1954, ha crecido en fuerza y ahora tiene más de 280 empresas, que emplean a 80,000 personas.

### 2.1.5 Mercado

Desde 1977, seguimos creciendo, crecer y desarrollar una variedad de sectores del mercado, como la energía solar, automóviles, electrodomésticos, eléctricos, cosméticos y equipos médicos y aparatos.

### 2.1.6 Clientes de Mondragón Assembly

La intimidad, la confianza mutua y el entendimiento común de estos tres valores, Mondragón Assembly es convertirse en nuestros clientes de referencia en todo el mundo.

### 2.1.7 Responsabilidad social de Mondragón Assembly

Somos un grupo socialmente responsable, la humanidad y el compromiso con el servicio comunitario. Grupo para el desarrollo de nuevas aplicaciones y sistemas de fabricación para reducir el consumo de energía, mejorar la eficiencia de la producción.

### 2.1.8 Organigrama de la empresa

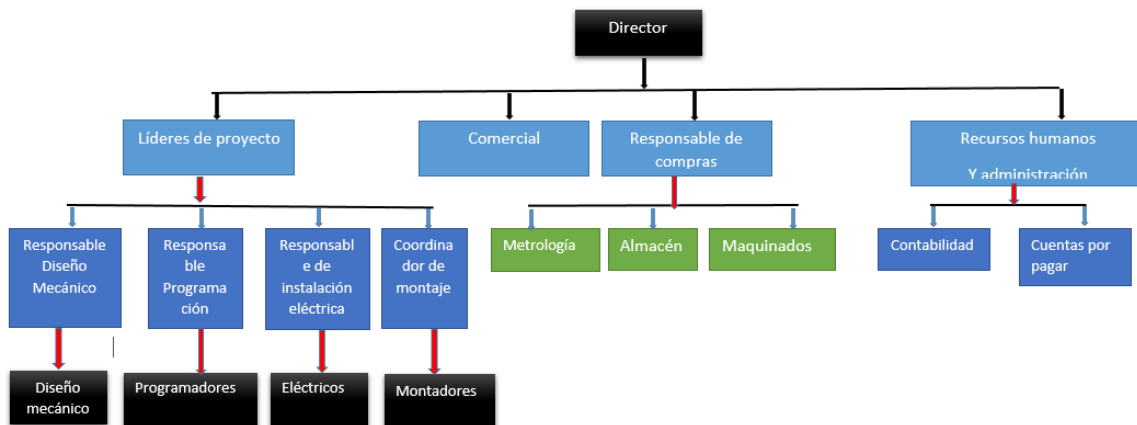


Figura 2 Organigrama de la empresa

## 2.2 problemática a resolver

El proyecto consiste en el diseño de una línea de ensamble de tres estaciones, esta línea se encargara del ensamble de un módulo de control de carrocería (BCM) para la industria Hella Automotive México (HAME). Las tres estaciones ya mencionadas se integraran a una línea de ensamble y serán enumeradas conforme a la tarea que realizan, en la figura 3 se representa un bosquejo (layout) conceptual de la línea de ensamble.

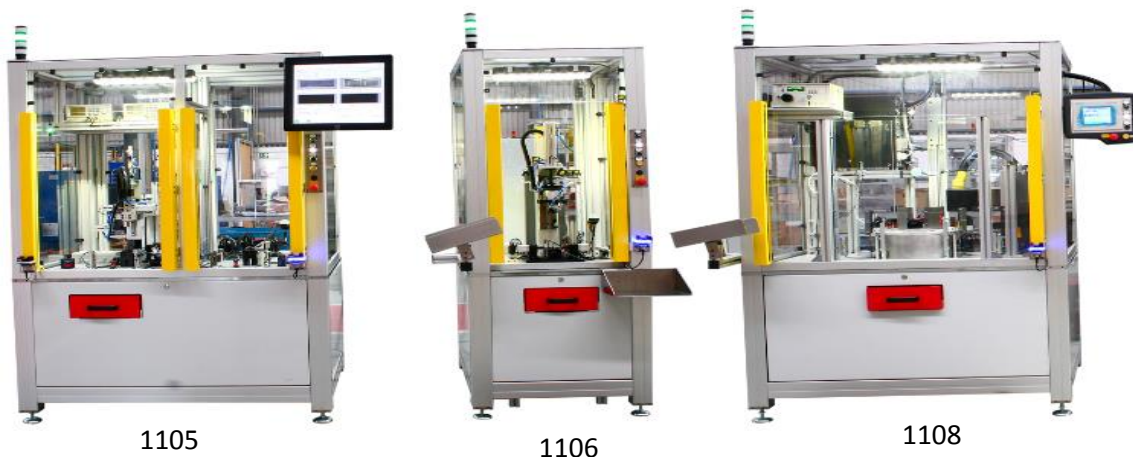


Figura 3 Layout (bosquejo) de la línea de ensamble

Para comenzar con el diseño de los herramientas (tooling), debemos de tener información que proporciona el cliente (HAME), la información requerida es: 3D del producto en formato STEP, 2D del producto para obtener las tolerancias y referencias geométricas (datum), estas tolerancias que se requieran para la repetibilidad de la inserción de dicho producto, la solicitud de presupuesto (RFQ) es un documento en cual menciona especificaciones de cada estación como son medidas de la bancada, fuerza de inserción para el ensamble, entre otros datos importantes para el diseño de las estaciones y el sentido de trabajo se tomara en referencia a la estación 1105 de izquierda a derecha (ver figura 3).



## 2.3 Especificaciones de la línea de ensamble.

En las especificaciones que proporciona el cliente (HAME) en la solicitud de presupuestos (RFQ), indica cuales son los elementos que se tienen que consideran para el diseño de las estaciones, por ejemplo Hella Automotive México tiene un estándar para el diseño de sus bancada en la solicitud de presupuestos (RFQ) indica si se respetara su estándar o quiere modificaciones.

### 2.3.1 Estación 1105, ensamble de la tapa superior (housing top) con la tarjeta de circuito impreso (PCB).

Esta estación estará formada por:

- Estación base de PCH.
- Alojamiento para la tapa superior (housing) y la tarjeta de circuito impreso (PCB), con cambio rápido y alojamientos para ambos modelos.
- Lector de código de la tarjeta de circuito impreso (PCB) de DMC.
- Estación de inserción, con un servo prensa que es desplazado de la posición de selección a la posición de inserción por un pick & place (elegir y colocar). Incluye cambio rápido de herramientas (tooling) y útiles para ambos modelos.
- Central PC (PC a suministrarse por Hella) con el gabinete, con configuración y enlace a todas las estaciones.
- Licencia de Siemens TIA Portal, con el fin de controlar todas las estaciones desde el PC.

### 2.3.2 Estación 1106 (ensamble del housing bottom con el housing top)

Esta estación estará ligada mecánicamente a la estación 1105. Esta estación constará de:

- Anexo tabla, montado en un lado de la estación anterior
- Un nido de desplazamiento, con cambio rápido y nidos para ambos modelos (BMC Front y BCM Rear)
- Una prensa manual, con tooling para ambos modelos

## 2.4 Precio

Tabla 1 Precio neto y descuento comercial

Precio de la línea completa	\$275.609,17
Descuento comercia (3%)	-\$8.268,28
Precio neto de la línea completa	\$267.340,90

Nº	Station	Price USD
1	Process step 5 – Top Housing Assembly	\$134.518,34
2	Process step 6 – Bottom Housing Assembly	\$14.068,04
3	Process step 8 – Automatic Optical pin Inspection (AOI)	\$109.266,89
4	General concept generation	\$1.050,00
5	Set up at Mondragón	\$1.750,00
6	Documentation	\$1.400,00
7	Dismount & Packaging	\$1.160,00
8	Bank guarantee for down payment and financial costs	\$3.100,00
<b>Total Price Exworks</b>		<b>\$266.313,27</b>
9	Training	\$700,00
10	Installation / commissioning / test run / qualification / Travelling costs	\$8.595,90
<b>Total Net Price</b>		<b>\$275.609,17</b>
<b>Commercial discount (3%)</b>		<b>-\$8.268,28</b>
<b>Final Total Net Price</b>		<b>\$267.340,90</b>

## 2.5 Alcances y limitaciones

Es común que en toda industria en proceso como lo es la empresa Mondragón Assembly, necesiten mayor producción en diseño mecánico ya que es la principal área de dicha empresa.

### 2.5.1 Alcances

Es importante recalcar que la solución del problema planteado no es posible realizar a corto plazo, ya que dicho proyecto está inmerso a la industria automotriz, por lo que deben tomarse muchas consideraciones para mantener la inocuidad del producto, por lo tanto, el sistema de reorganizado que se obtiene en el presente trabajo, no será el final, o no enteramente, ya que este diseño debe cumplir con varias pruebas de calidad, una vez tenido la maquinaria armada se tendrán que hacer modificaciones a lo largo de la fase de pruebas de finales.

### 2.5.2 Limitaciones

Las limitaciones que se pueden presentar mientras el diseño de la línea de ensamble está en proceso, es la falta información proporcionada del cliente, dicha información es relevante para el arranque del diseño ya que con ellos de toman en cuenta las dimensiones para efectuarlo, otra limitación es cuando el diseño se encuentra finalizado se genera la lista de materiales (Bill of materials), esta lista de materiales se le envía al departamento de compras este departamento se encarga de mandar a maquinar todas las piezas que se hayan diseñado y manda a solicitar todos los elementos comerciales que se haya utilizado en cada estación, esta limitación se encuentra vinculada con el tiempo de entrega para empezar a ensamblar la estación.



# Capítulo 3

## Marco teórico

### 3.1 El diseño en la ingeniería mecánica

Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información. El diseño en la ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina.<sup>2</sup>

### 3.2 Fases e iteraciones del proceso de diseño mecánico

El proceso completo, de principio a fin, que a menudo se bosqueja como se muestra en la figura 4, comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de hacer algo al respecto. Después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacer la necesidad. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases de éste pueden repetirse durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación.<sup>3</sup>

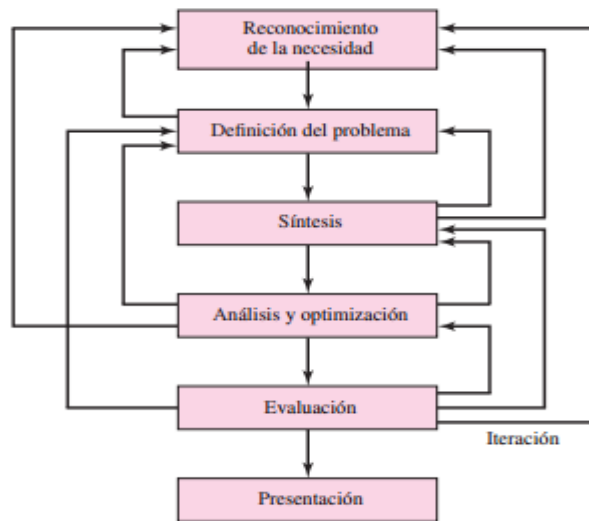


Figura 4 Proceso e iteración de diseño mecánico

<sup>2</sup> Shigley, diseño en ingeniería mecánica, octava edición (5) 2008.

<sup>3</sup> Shigley, diseño en ingeniería mecánica, octava edición (5,6) 2008.

### 3.3 Consideraciones de diseño

La resistencia que requiere un elemento de un sistema significa un factor importante para determinar su geometría y dimensiones. En esa situación se dice que la resistencia es una de las consideraciones de diseño más importantes. Cuando se emplea la expresión consideración de diseño se involucra de manera directa alguna característica que influye en el diseño del elemento, o tal vez en todo el sistema. A menudo debemos considerar muchas de esas características en una situación de diseño dada. Las consideraciones más importantes son:

- Funcionalidad
- Rigidez/esfuerzo
- Distorsión/deflexión/rigidez
- Desgaste
- Seguridad
- Costo
- Vida
- Ruido
- Mantenimiento

### 3.4 Proceso de diseño en Mondragón Assembly México

En el proceso de diseño en Mondragón Assembly, es muy amplio y abarca desde la cotización de un proyecto hasta el lanzamiento y ensamble de las estaciones de trabajo.

#### 3.4.1 Planteamiento general.

El planteamiento general debe ser la guía que consulte y alimente todo el equipo de proyecto (líderes, diseñadores mecánicos, eléctricos y programadores). Debe ser el archivo general que haga de Link entre todos los procesos, y un paso previo al inicio

de cualquier otra actividad. Sin un buen planteamiento general, corremos riesgos de ejecutar un mal diseño, un mal flujo de información entre diferentes procesos.<sup>4</sup>

### 3.4.2 Planteamiento general en base a la solicitud de presupuestos (RFQ) y cotización.

El esqueleto inicial del planteamiento general lo deberá desarrollar el líder o la persona que haya realizado la cotización. Deberá incluir de manera detallada el concepto y diseño de máquina planteada (bosquejo (layout) general y de cada uno de los puestos), así como las especificaciones que requiera el cliente (tanto generales como de cada estación). También incluirá toda la información que se tenga sobre el producto a fabricar, así como la descripción de los equipos especiales cotizados, incluyendo además el coste previsto de cada estación. Adjunto a toda esta información, el líder preparará un planning detallado de todo el proyecto. En resumen, este planteamiento deberá incluir lo siguiente:

- Descripción de toda la máquina: Función de la máquina, ciclo, autonomía, rendimiento, tiempo de cambio de modelo, dimensiones generales
- Descripción del producto: esquema del producto, nombrando los componentes a montar. Se deben especificar todos los distintos modelos, y sus diferencias, así como indicar dónde se encuentra toda la documentación referente al producto (planos, piezas 3D,...). Se incluirán en el planning la fecha de recepción de piezas
- Bosquejo (layout) general, con sus diferentes puestos.
- Descripción de todas las estaciones: función, ciclo, croquis general, poka yokes (prueba de errores) indicando claramente el coste previsto.
- Definición general eléctrica: arquitectura general, panel de mandos, gabinetes.
- Descripción de los equipos especiales.
- Marcas comerciales a utilizar.
- Normas particulares de cada cliente.

---

<sup>4</sup> Mondragón Assembly México, planteamiento general para el proyecto 1400, 2016.

- Nomenclatura de los planos.
- Logística de los materiales del cliente.

### 3.4.3 Diseño mecánico general de la máquina.

Una vez que toda la máquina está totalmente clara, empezamos con el diseño 3D de todos los puestos. Esta fase comprende un diseño que abarque todo el concepto de la estación de trabajo, dejando únicamente para un proceso posterior los detalles estéticos, protecciones, accesorios para el ruteo de cables. Para entrar en detalles, al terminar esta fase, deberíamos tener lo siguiente:

- Todas las piezas (excepto protecciones y accesorios) deben estar totalmente diseñadas, con todos sus pernos, alojamientos y tornillos, con el material seleccionado, con las caras de referencia y tolerancias del producto indicados en los planos proporcionados por el cliente.
- El ensamble general deben estar correctamente estructurados y diseñados en subensambles funcionales.
- Todos los elementos comerciales cuya funcionalidad sea importante para el puesto deben estar seleccionados y presentados en el ensamble general.
- Las seguridades y ergonomía han sido definidas y dibujadas.
- Solamente estarán los tornillos y racores que necesiten comprobación de espacios o interferencias.
- Creación de la hoja de IO PLC (mapa de conexiones del PLC): comprende el mapa de sensores y la definición de las diferentes electroválvulas. Diseñar de manera esquemática el ruteo de cables.
- Lista de control (Checklist) de cada puesto relleno al detalle.

### 3.4.4 Validación interna del diseño

El equipo de trabajo se junta y revisa todo el diseño de la máquina, comprobando que cumple con el planteamiento general validado y comprobando las listas de control (Checklist) de diseño.



#### 3.4.5 Validación del diseño con el cliente

Se realiza la validación de diseño con el cliente (HAME), en esta junta se expone cada una de las estaciones de trabajo, explicando detalladamente cuales con las piezas críticas o controladas, se representa una simulación de como operaran las estaciones mediante el gestor de configuración de SolidWorks®, una vez que se haya realizado la exposición el cliente da sus puntos de vista y quedando conforme con el diseño se firma la validación, indicando el plan de acciones en caso de que lo haya.

#### 3.4.6 Diseño en detalle del puesto

Al terminar esta etapa, el diseño de la máquina debe estar terminado. Comprende las siguientes tareas:

- Diseño de modificaciones tras validación con cliente
- Diseño de accesorios y elementos para el correcto ruteo de cables
- Diseño de protecciones y chapas generales de sujeción (grupo de aire, electroválvulas, etc.) y temas estéticos.
- Todos los tornillos y racores deben estar representados en el ensamble general antes de realizar el lanzamiento de la lista de materiales, es imprescindible que se realice antes de los planos, salvo que necesitemos realizar alguna comprobación.

#### 3.4.7 Creación de planos de piezas

Creación de todos los planos. Al terminar esta fase, deben de estar realizados todos los planos que comprenden cada estación, diseño de planos de ensamble general y subensambles, indicando todas las piezas y secciones que definan claramente los ensambles, las piezas serán indicadas con globos (eliminando la tornillería de las listas de planos de ensamble).

#### 3.4.8 Validación de planos

Revisión y validación de los planos con el consultor mecánico. En esta parte el consultor de diseño se encargará de revisar a detalle cada plano generado, dando

más importancia a los planos de las piezas controladas (tolerancias y referencias geométricas), ya que estas piezas son las que garantizan las repetibilidad de inserción.

### 3.5 Herramientas computacionales del diseño mecánico

En la actualidad, el ingeniero tiene una gran variedad de herramientas y recursos disponibles que le ayudan a solucionar problemas de diseño. Las microcomputadoras poco caras y los paquetes robustos de software proporcionan herramientas de gran capacidad para diseñar, analizar y simular componentes mecánicos. Además de estas herramientas, el ingeniero siempre necesita información técnica, ya sea en forma de desempeño básico en ciencias/ingeniería o las características de componentes especiales recién lanzados. En este caso, los recursos pueden ir desde libros de ciencia/ingeniería hasta folletos o catálogos de los fabricantes.<sup>5</sup>

El software para el diseño asistido por computadora (CAD) permite el desarrollo de diseños tridimensionales (3D) a partir de los cuales pueden producirse vistas ortográficas convencionales en dos dimensiones con dimensionamiento automático. Las trayectorias de las herramientas pueden generarse a partir de los modelos 3-D y, en algunos casos, las partes pueden crearse directamente desde una base de datos 3D mediante el uso de un método para la creación rápida de prototipos y manufactura (estereolitografía): ¡manufactura sin papeles! Otra ventaja de este tipo de base de datos es que permite cálculos rápidos y exactos de ciertas propiedades como la masa, la localización del centro de gravedad y los momentos de inercia de masa. Del mismo modo, pueden obtenerse con facilidad otras propiedades como áreas y distancias entre puntos.

Existe una gran cantidad de software de CAD disponible como Aries, AutoCAD, CadKey, I-Deas, Unigraphics, Solid Works y ProEngineer, sólo por mencionar algunos.

---

<sup>5</sup> Shigley diseño en ingeniería mecánica, octava edición 2008

## 3.6 Solid Works®

### 3.6.1 ¿Qué es Solid Works®?

SolidWorks es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systèmes (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Es un modelador de sólidos paramétrico. Fue introducido en el mercado en 1995 para competir con otros programas CAD como Pro/ENGINEER, NX, Solid Edge, CATIA, y Autodesk Mechanical Desktop.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.<sup>6</sup>

## 3.7 Estructuración de los elementos que conformaran cada estación de ensamble.

Como se había mencionado con anterioridad, las especificaciones del cliente plasmadas en la solicitud de cotización (RFQ) y el planteamiento general elaborado por Mondragón Assembly, son documento fundamentales para el arranque del diseño, ya que en ambos documentos se hace mención a los elementos comerciales que se utilizaran para cada estación de trabajo, ya que no es factible diseñar una prensa neumática u otro elementos que ya se encuentra en el mercado.

Hella Automotive México (HAME) es una empresa de origen alemán, esta empresa tiende a usar estándares de maquinaria que ya existentes, para prensas manuales el principal proveedor es SCHMIDT®, para prensas electromecánicas es

---

<sup>6</sup> SolidWorks®, diseño asistido por computadora (CAD), 2008

PROMESS®, y para elementos neumáticos FESTO®. A continuación se representaran los elementos y las funciones que tendrá esta estación de trabajo. Cabe recalcar que también hay elementos eléctricos, estos elementos son cotizados y propuestos por el encargado eléctrico, estos elementos también son parte del diseño ya que se tienen que espacios para cumplir con las medidas que el cliente requiere.

### 3.7.1 Elementos y funciones de la estación 1105

Tabla 2 Funciones de la estación

Funciones	
Carga de la tapa superior (housing top)	Manual
Carga de la tarjeta de circuito impreso (PCB)	Manual
Lectura de codificación de datos en 2D (data matrix) en la placa de circuito impreso (PCB)	Automático
Inserción y recogida de la placa de circuito impreso (PCB)	Automático
Descarga de piezas acabadas	Manual

Tabla 3 Equipo de la estación 1105

Equipo
<p><b><u>Estación de trabajo</u></b></p> <p><b>Módulo base</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 x 90 x 90 Perfil de aluminio (900 x 800)</li> <li>1 x placa base de acero (900 x 800)</li> <li>1 x marco de aluminio extruido de superior               <ul style="list-style-type: none"> <li>1 x puerta + bloqueo</li> </ul> </li> <li>4 patas niveladoras</li> <li>1 x set de protectores + placas inoxidable</li> <li>1 x cortina de luz de seguridad Banner SLPP25 - 830P 88</li> <li>1 x accesorios pequeños</li> </ul> <p><b>Elementos eléctricos</b></p>

- 1 x gabinete eléctrico principal
  - 1 x fuente de alimentación
  - 1 x CPU PLC S7-1500 1513-1 PN
  - 1 x interfaz de red
  - 1 x interruptor de Ethernet
  - 1 x Set de pequeñas piezas eléctricas: cables, relés, fusibles, protección actual
  - 2 x módulos de la entrada-salida de establecer
  - 1 x monitor de seguridad Bihl + Wiedemann BWU2798
  - 1 x conjunto de relés
  - 1x transformador de 1 x 3KVA
  - 1 x puerto de programación del gabinete
  - 1 x conjunto de interruptores: principal ON/OFF, Reset, arranque de botón, interruptor E
  - 1 x HMI (interfaz de usuario) MP177 PANEL móvil + soporte
  - 1 x Optotouch (pulsadores ópticos)
  - 1 x torreta de luz (rojo, amarillo, verde, azul)
  - 1 x luz incluida sobre la estación
  - receptáculos de 2 x 110v
  - 1 x enlace de entrada-salida
  - 2 x conjunto de Sensor distribuidor
  - 1 x conjunto de luces de indicador LED
  - 1 x lámpara de señal de proceso
  - 1 x conjunto de etiquetas y accesorios pequeños
  - 1 x accesorios eléctricos

#### **Elementos neumáticos**

- 1 x unidad de servicio
- 1 x entrada + colector + electroválvulas
- 1 x accesorios neumáticas

#### **Manejo de materiales**

- 1 x caja de rechazo

#### **Equipo especial**

#### **Nido del housing**

- 1 x cambio rápido + alojamiento adecuado

1 x alojamiento para tapa módulo de control de carrocería frontal (BCM Front)

1 x alojamiento para tapa módulo de control de carrocería trasero (BCM Rear)

1 x sensores de presencia y sensores de correcto asentamiento

1 x conjunto de bujes

1x accesorios

#### **Alojamiento de la placa de circuito impreso (PCB)**

1 x cambio rápido + nido adecuado

1 x alojamiento para PCB (BCM Front)

1 x alojamiento para PCB (BCM Rear)

1 x sensores de precisión para PCB y correcto asentamiento

1 x conjunto de bujes

1x accesorios

#### **Lector de codificación de datos en 2D (data matrix)**

1x corredera neumática

1x lector de Keyence SR751

1x accesorios

#### **Inserción de prensa**

1 x estructura principal

1 x servo prensa desplazando a unidad (servo asistido)

1 x prensa promess UPM 03/100/120 con módulo de aplicación

NO SE INCLUIRÁ ORDENADOR, SE ENTREGARA POR HAME (HELLA AUTOMOTIVE MEXICO)

1 x UPS

1 x soporte principal + columnas guías

1 x sistema de vacío (generador + regulador + sensor)

1 x placa base

2 x lanzando cilindros de PCB

1 x cambio rápido + detección de la herramienta adecuada

1 x conjunto de columnas

<p>1 x herramienta de PCB BCM F</p> <p>1 x herramienta de PCB BCM R</p> <p>1x accesorios</p> <p><b>Central PC (una PC y licencia de Siemens para todas las estaciones)</b></p> <p>NO SE INCLUIRÁ ORDENADOR, SE ENTREGARA POR HAME (HELLA AUTOMOTIVE MEXICO)</p> <p>1 x UPS</p> <p>1 x licencia de Siemens TIA Portal V13</p> <p>1 x accesorios eléctricos para la conexión</p> <p><b>Implementación y desarrollo de la ODC</b></p> <p>1 x programación</p>
--

Tabla 4 Restricciones de elementos

Restricciones
El equipo para la servo prensa será suministrado por HAME
El Pc central será suministrado por HAME
Solo habrá una licencia para la PC y una licencia de Siemens para toda la línea

Tabla 5 Operaciones para el cambio de producto

Operaciones para el cambio de producto	
Cambio de herramientas	Manual
Selección de modelos en el interfaz de usuario (HMI)	Automático

Tabla 6 Elementos de seguridad y detecciones

Poka yokes y detecciones
Lectura de DCM
Fuerza de inserción vs distancia de seguimiento

### 3.7.2 Elementos y funciones de la estación 1106

Tabla 7 Funciones de la estación 1106

Funciones	
Carga de tapa inferior (housing bottom)	Manual
Carga de tapa superior (housing top)	Manual
Prensado	Manual
Descarga parte final	Manual

Tabla 8 Equipo de la estación 1106

Equipo
<p><b><u>Estación de trabajo</u></b></p> <p><b>Módulo base (vinculado a la estación anterior)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 x 45 x 45 aluminio perfil (500 x 500)</li> <li>1 x placa base de aluminio (500 x 500)</li> <li>1 x marco de aluminio extruido de superior</li> <li>1 x accesorios pequeños</li> </ul> <p><b>No elementos eléctricos de control</b></p> <p><b>No elementos neumáticos</b></p> <p><b><u>Equipo especial</u></b></p> <p><b>Nido de deslizamiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 x placa base</li> <li>2 x guías de THK + mango</li> <li>1 x cambio rápido</li> <li>1 x alojamiento para tapa de módulo de control de carrocería housing frontal (BCM Front)</li> <li>1 x alojamiento para tapa de módulo de control de carrocería housing trasero (BCM Rear)</li> </ul>



<p>1 x set de bujes + topes mecánicos</p> <p>1 x accesorios</p> <p><b>Prensa manual</b></p> <p>1 x prensa manual Schmidt con micrómetro</p> <p>2 x columnas guías laterales + plato principal</p> <p>1 x cambio rápido</p> <p>1 x herramienta para BCM Front</p> <p>1 x herramienta para BCM Rear</p> <p>1 x set de columnas + topes mecánicos</p>
--

Tabla 9 Restricciones de control

Restricciones	
No PCH, ningún tipo de control, será un anexo al proceso 5 (1105)	

Tabla 10 Operaciones para el cambio de herramienta

Operación para el cambio de serie	
Cambio de herramienta (tooling)	Manual

Tabla 11 Elementos de seguridad

Poka yokes/detecciones	
Poka yokes en los herramientas (tooling)	



# Capítulo 4

## Procedimiento y descripción de actividades realizadas

La realización del presente proyecto constó de una serie de actividades que conllevaron a la satisfactoria culminación del mismo; estas actividades se describen a lo largo de este capítulo.

## 4.1 Análisis del problema

### 4.1.1 Introducción al proceso

En este punto analizaremos el principio de funcionamiento de los elementos comerciales, ya que a partir de ellos se empezaran a diseñar las piezas que serán como soporte y guías para que cumplan la función deseada. En resumen al capítulo 3.7 se harán mención a los elementos fundamentales que realizaran las tareas fundamentales como son inserción, traslado y prensado del módulo de control de carrocería (BCM). Los elementos son:

- Prensa electromecánica PROMESS®
- Actuadores lineales y pinza de Bernoulli FESTO®
- Rieles y guías THK®
- Prensa manual SCHMIDT®

### 4.1.2 Prensa electromecánica PROMESS

La servo prensa electromecánica de ensamble (EMAP) es totalmente eléctrico, de movimiento programable con un tornillo de la bola que controlada la prensa con control de movimiento integrado y monitoreo.

Promess® ofrece 33 Servo prensas de distintas capacidades que van de una onza (0.28N) hasta más de 200.000 libras (55.6KN) para adaptarse a cualquier aplicación.

Características y beneficios:

- Las capacidades que van desde menos de una onza a más de 200.000 libras
- Funcionamiento limpio
- Totalmente eléctrico

- Eficiencia energética
- Verificación y monitoreo en proceso
- Diseño de tornillo sin fin (ball screw) con capacidad de carga dinámica de 2.5 a 3 veces mayor que la capacidad de fuerza indicada<sup>7</sup>

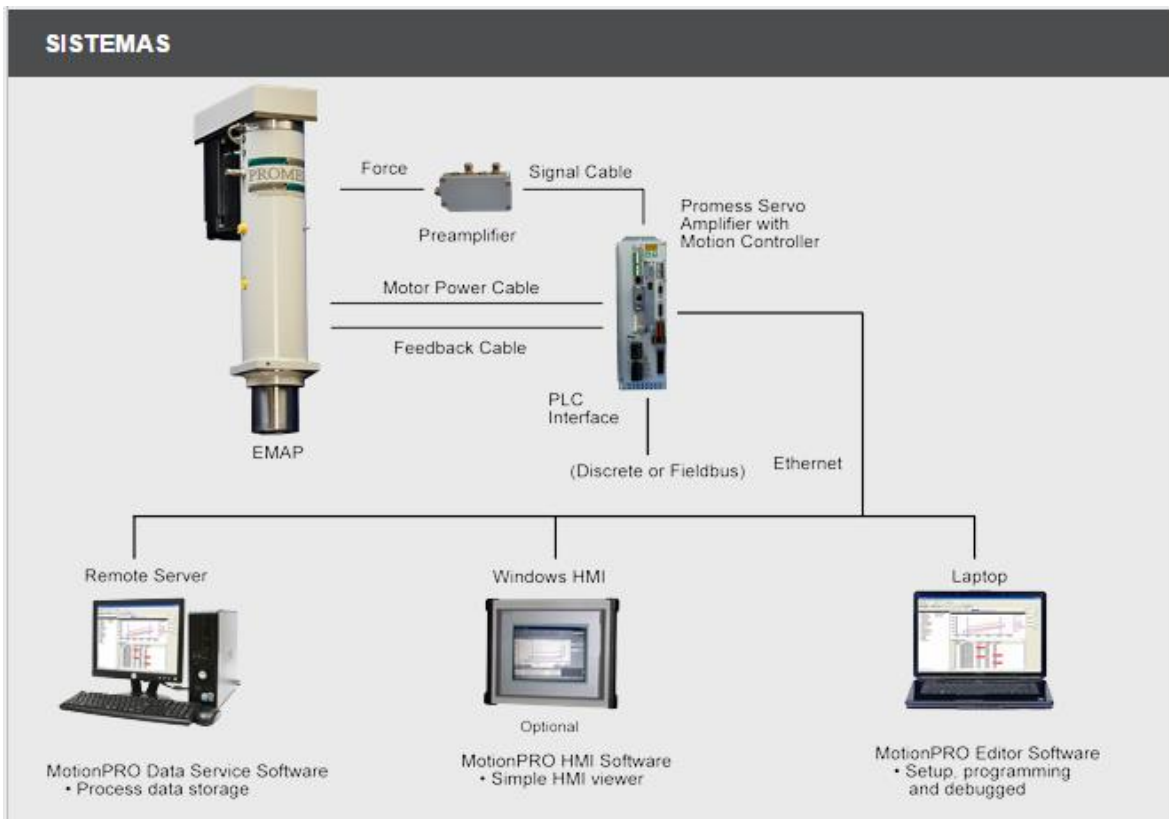


Figura 5 Diagrama de instalación de la prensa PROMESS®

### 4.1.3 Actuadores lineales y pinza de Bernoulli

#### 4.1.3.1 Actuador lineal FESTO®

En los actuadores lineales existen de dos tipos en el mercado, uno es el accionado por husillo y el otro por banda dentada, en este caso usaremos un eje de husillo ya que estos dispositivos proporcionan una buena posición ya que el avance de estos ejes se ven reflejados al paso que tiene entre cada cuerda.

<sup>7</sup> Promess, servo prensas electromecánicas, 2016

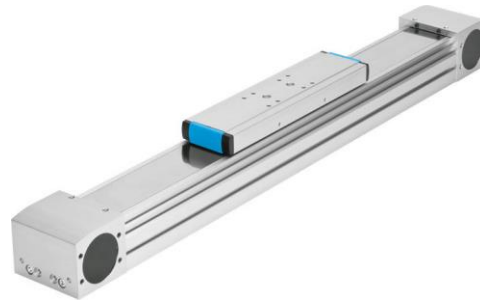


Figura 6 Eje lineal de husillo FESTO®

En el arrastre mecánico, el cuerpo del cilindro está provisto de una ranura longitudinal por donde desliza una brida recubierta por una junta de caucho que garantiza la estanqueidad del cilindro y que une el pistón con el carro porta-carga. El final de la carrera del cilindro viene determinado por un vástago o macho. En el arrastre magnético el cuerpo del cilindro es de acero inoxidable magnético, y en su interior desliza el émbolo provisto de imanes permanentes. Su movimiento es seguido magnéticamente por una corredera externa provista también de imanes permanentes. Entre las aplicaciones de los cilindros neumáticos sin vástago figuran la transferencia y alimentación de cargas, la apertura de puertas, etc.<sup>8</sup>

#### 4.1.3.2 Pinza de Bernoulli

Antes de utilizar las pizas de Bernoulli se optó por usar ventosas, estas ventosas generan un vacío, realizaron pruebas para ver si las ventosas podían sujetar a la placa de circuito impreso (PCB), pero estas pruebas resultaron fallidas ya que la placa de circuito impreso (PCB) tiene un sinfín de orificios y estos es donde se liberaba el vacío generado por las ventosas por lo tanto las ventosas no podían sujetar a la placa.

La pinza de Bernoulli funciona mediante aire comprimido, de entrada se desvía radialmente dentro de la pinza y sale al exterior en la pieza y la superficie de la pinza. El aire atraviesa una ranura muy delgada (ver figura 7.1), que se encuentra dentro de la pinza, entre el cuerpo de la pinza y el núcleo. De esta manera se acelera

---

<sup>8</sup> Creus Solé, 2007

considerablemente el flujo de aire. La gran velocidad del flujo de aire de salida genera un vacío entre la pinza y la pieza.<sup>9</sup>

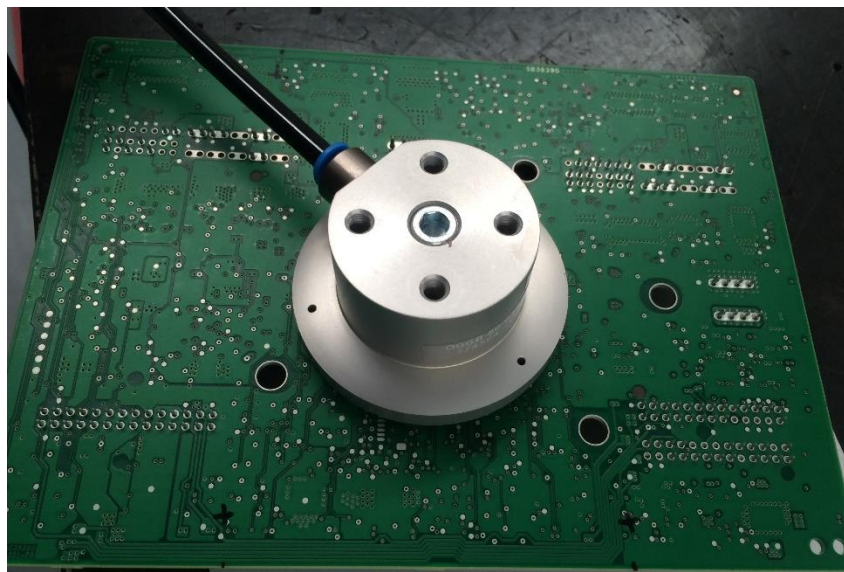
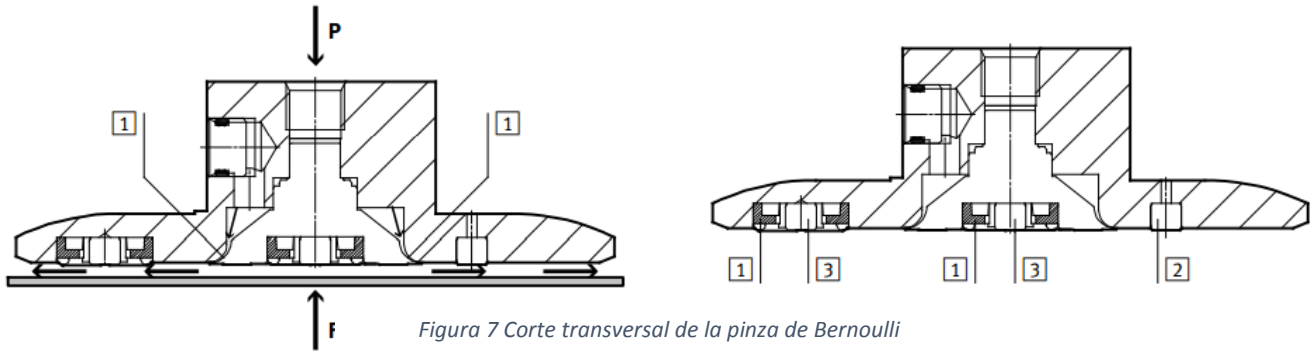


Figura 8 Pinza de Bernoulli con tarjeta de circuito impreso (PCB)

<sup>9</sup> FESTO®, pinza de Bernoulli OGGB,2016

#### 4.1.4 Rieles y guías THK®

Estos dos dispositivos están acoplados directamente para accionar el movimiento del pick and place, estos dispositivos de THK® reducen el índice de fricción por la manera que están estructurados, los carros tiene una estructura similar a la de los rodamientos, estos ayudan a tener un movimientos lineal sin fricción.<sup>10</sup>

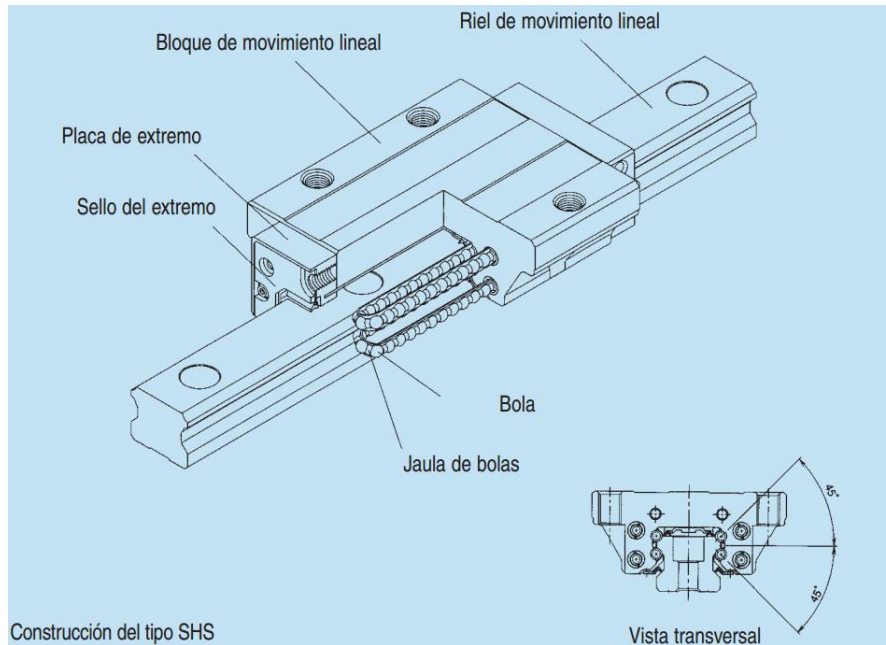


Figura 9 Estructura de riel y guía THK®

##### 4.1.4.1 Valores de carga y vida útil

El tipo SHS soporta cargas en las direcciones radial, radial inversa y lateral.

Los valores de carga básica que figuran en las tablas de dimensión muestran los valores de carga en la dirección radial.

La siguiente ecuación sirve para calcular la vida útil del tipo SHS.

$$L = \left( \frac{ft * fc}{fw} \times \frac{C}{Pc} \right) \times 50 \quad \text{Ecuación 1 Vida util de rieles THK®}$$

<sup>10</sup> THK catálogo general, rieles y guías, 2014

Donde:

- L: Vida nominal (km)  
(Distancia total del desplazamiento alcanzado sin descamado en un 90% de un grupo del mismo sistema de movimiento lineal que se operan independientemente bajo las mismas condiciones).
- C: Capacidad de carga dinámica básica (N)
- PC : Carga de diseño (N)
- ft : Factor de temperatura
- (Consultar la página 10 del catálogo D-809S)
- fc : Factor de contacto
- (Consultar la página 11 del catálogo D-809S)
- fw : Factor de carga
- (Consultar la página 11 del catálogo D-809S)

Dada la vida nominal (L) calculada con la ecuación anterior y si la longitud de carrera y el índice de movimientos alternativos son constantes, se puede utilizar la siguiente ecuación para obtener el tiempo de vida útil.

$$Lh = \frac{Lx10^3}{2xLsxn_1x60} \text{ Ecuación 2 Tiempo de vida de rieles THK®}$$

Donde:

Lh: Tiempo de vida útil (hr)

Ls: Longitud de carrera (m)

n1: Cantidad de movimientos alternativos por minuto (opm)

- Calculo de valores de carga:
  - Valores de carga.



El tipo SHS soporta cargas en las direcciones radial, radial inversa y lateral. Los valores de carga básica (dirección radial, radial inversa y lateral) son iguales y figuran en la tabla de dimensión.

○ Carga equivalente

Cuando al bloque de movimiento lineal tipo SHS se le apliquen, simultáneamente, cargas de cada dirección, la carga equivalente se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$PE = PR(PL) + PT \quad \text{Ecuación 3 Carga equivalente en rieles THK®}$$

Donde:

PE: Carga equivalente (N)

- Radial
- Radial inversa
- Lateral

PR: Carga radial (N)

PL: Carga radial inversa(N)

PT: Carga lateral (N)

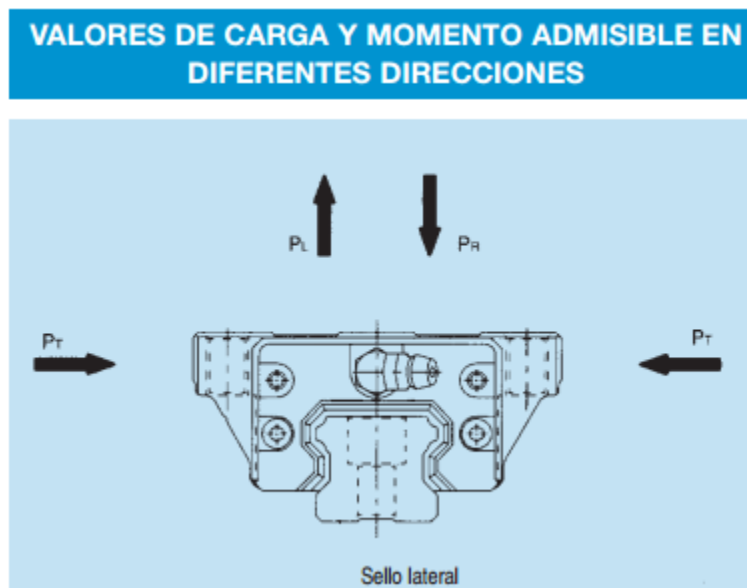


Figura 10 Direcciones de cargas y momentos admisibles.

- Carga de montaje admisible.

El tipo SHS soporta cargas de momento en las tres direcciones con sólo un bloque de movimiento lineal. En la tabla 12 se enumeran los valores para la carga de momento admisible con un bloque en las tres direcciones, MA, MB, y MC.

Unidad: kN·m

Dirección Nº de modelo	MA		MB		Mc
	Bloque único	Bloque doble	Bloque único	Bloque doble	Bloque único
SHS15	0.175	0.898	0.175	0.898	0.16
SHS15L	0.296	1.43	0.296	1.43	0.212
SHS20	0.334	1.75	0.334	1.75	0.361
SHS20L	0.568	2.8	0.568	2.8	0.473
SHS25	0.566	2.75	0.566	2.75	0.563
SHS25L	0.848	3.98	0.848	3.98	0.696
SHS30	0.786	4.08	0.786	4.08	0.865
SHS30L	1.36	6.6	1.36	6.6	1.15
SHS35	1.38	6.76	1.38	6.76	1.53
SHS35L	2.34	10.9	2.34	10.9	2.01
SHS45	2.05	10.1	2.05	10.1	2.68
SHS45L	3.46	16.3	3.46	16.3	3.53
SHS55	3.96	19.3	3.96	19.3	4.9
SHS55L	6.68	31.1	6.68	31.1	6.44
SHS65	8.26	40.4	8.26	40.4	9.4
SHS65L	13.3	62.6	13.3	62.6	11.9

Tabla 12 Dirección de los momentos admisibles estáticos del tipo SHS

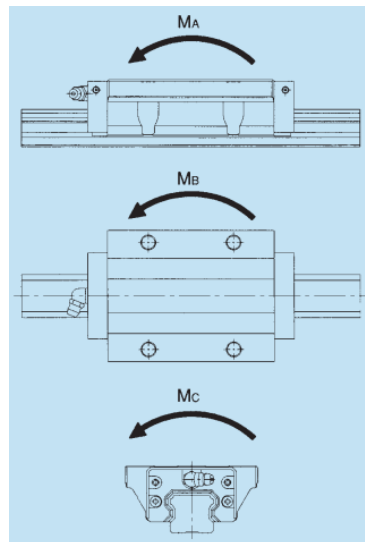


Figura 11 Representación de los 3 momentos admisibles estáticos

#### 4.1.5 Prensa manual SCHMIDT®

Prensas SCHMIDT® destaca como tecnología de primera clase mundial en el ensamblaje. Esto se aplica tanto a máquinas individuales como a módulos de ensamblaje integrados en complejas líneas automatizadas.

##### Características:

- Flexibilidad
  - Cambio rápido debido al ajuste fácil y seguro de la altura de trabajo.
  - Las mesas sufrideras permiten un rápido y preciso posicionamiento de las herramientas y utillajes.
  - Gran precisión en la alineación de los alojamientos del husillo y la base, lo que reduce los tiempos de ajuste.
- Diseño Ergonómico
  - La posición original de la palanca se puede mover 360°. Disponible para zurdos y diestros.
  - Variantes de tracción horizontal ergonómicas (111 / 113)
  - Abrazadera con cojinetes y estriado para ajuste seguro de la palanca.
  - La fuerza de la carrera de retorno del husillo puede adaptarse a diferentes pesos de herramientas.
- Precisión
  - Alineado < 0.05 mm entre utillaje superior e inferior
- No requieren mantenimiento
- Lubricación no necesaria
- Larga vida de servicio <sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Schmidt technology, prensas manuales Schmidt, 2014

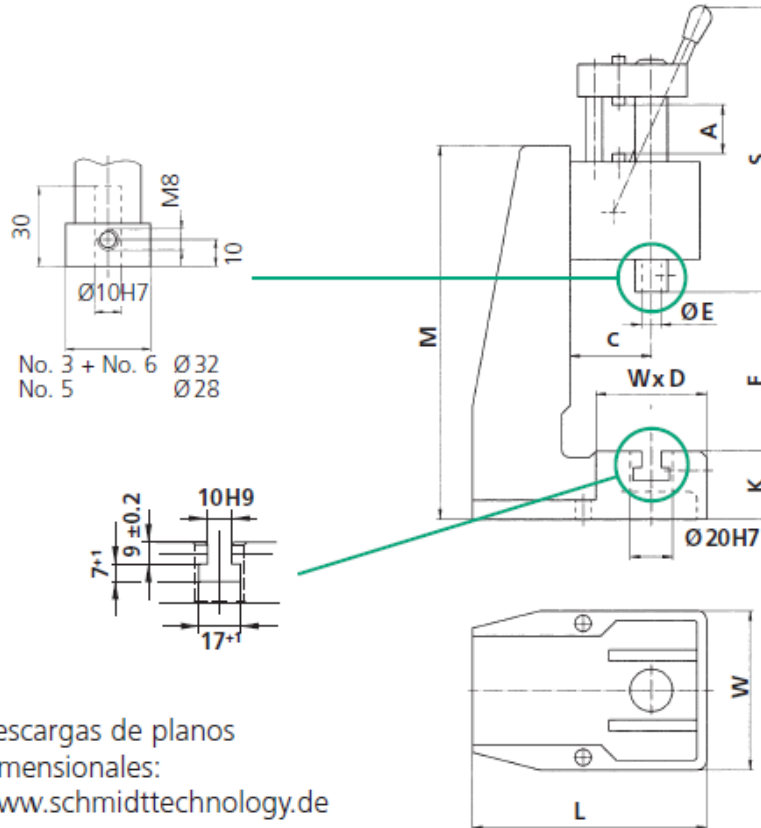


Figura 12 Representación de tolerancias para fabricación de soporte

## 4.2 Conceptos teóricos.

La realización de este proyecto fue realizado con varias bases ergonómicas, ya que deben ser aptas para que el operador pueda realizar su trabajo cómodamente, las estaciones de trabajo tendrán pocos elementos que estarán ejerciendo esfuerzo y por lo tanto deformaciones a continuación se explicaran estos dos términos

### 4.2.1 Esfuerzo

El esfuerzo tiene unidades de fuerza por unidad de área y se denota por la letra griega  $\sigma$  (sigma). En general, los esfuerzos  $s$  que actúan sobre una superficie plana pueden ser uniformes en toda el área o bien variar en intensidad de un punto a otro. Supongamos que los esfuerzos que actúan sobre la sección transversal  $mn$  (ver figura 13) están distribuidos uniformemente sobre el área.

Entonces la resultante de estos esfuerzos debe ser igual a la magnitud del esfuerzo por el área de la sección transversal  $A$  de la barra, es decir  $P = \sigma A$  (ecuación de esfuerzo). Por tanto, obtenemos la expresión siguiente para la magnitud de los esfuerzos.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación 4 Esfuerzos normales}$$

Le ecuación expresa la intensidad de un esfuerzo uniforme en una barra prismática (figura 13) con sección transversal arbitraria cargada axialmente. Cuando la barra es estirada por las fuerzas  $P$ , los esfuerzos son esfuerzo a tensión, si se invierte la dirección de las fuerzas, la barra se comprime y tenemos esfuerzo de compresión, puesto que los esfuerzo actúan en una dirección perpendicular a la superficie cortada se denominan esfuerzo normales.<sup>12</sup>

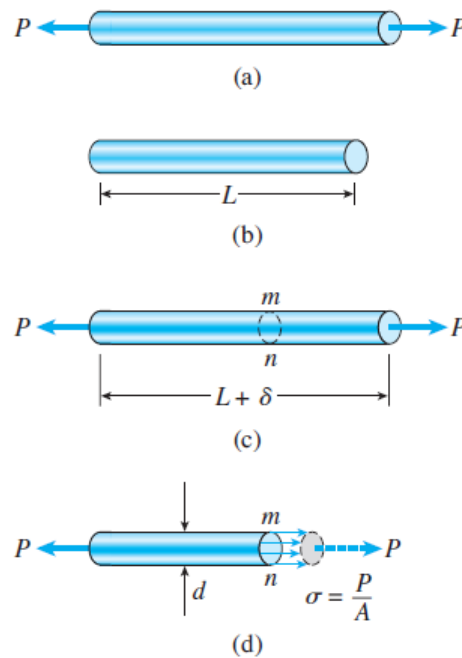


Figura 13 Barra prismática en tensión: (a) diagrama de cuerpo libre de un segmento de la barra, (b) segmento de la barra antes de la aplicación de las cargas, (c) segmento de la barra después de la aplicación de las cargas y (d) esfuerzos normales en la barra.

<sup>12</sup>James M. Gere, Barry J. Goodno. Mecánica de materiales séptima edición 2009

#### 4.2.2 Deformación unitaria axial.

En general, el alargamiento de un segmento es igual a su longitud dividida entre la longitud total  $L$  y multiplicada por el alargamiento  $\delta$ . Por tanto, una longitud unitaria de la barra tendrá un alargamiento igual a  $1/L$  por  $\delta$ . Esta cantidad se denomina alargamiento por unidad de longitud o deformación unitaria y se denota con la letra griega  $\epsilon$  (épsilon). Podemos observar que la deformación unitaria está dada por la ecuación.<sup>13</sup>

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad \text{Ecuación 5 Deformacion unitaria axial}$$

En la ley generalizada de Hooke, dice que el esfuerzo es directamente proporcional al producto del módulo elástico por la deformación unitaria. Así que tendríamos la siguiente ecuación.

$$\sigma = E\epsilon \quad \text{Ecuación 6 Ley generalizada de Hooke}$$

Despejando las deformaciones unitarias de la ley generalizada de Hooke.

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{P}{AE} \quad \text{Ecuación 7 Despeje de deformaciones unitaria}$$

En la ecuación se despeja  $\delta$  y tendremos.

$$\delta = \epsilon L \quad \text{Ecuación 8 Despeje de deformaciones unitarias axiales}$$

Sustituyendo la ecuación en tendremos.

$$\delta = \frac{PL}{AE} \quad \text{Ecuación 9 Deformacion en seccion transversal uniforme}$$

La ecuación se aplicara solo si la varilla es homogénea (modulo elástico “E” constante), tiene una sección transversal uniforme con un área A y se está cargada en sus extremos.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> James M. Gere, Barry J. Goodno. Mecánica de materiales séptima edición 2009

<sup>14</sup> Ferdinand P. Beer, E Russell Johnston, Jr. Mecánica de materiales sexta edición 2013

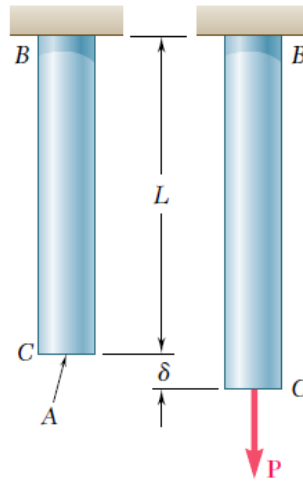


Figura 14 Deformación de una barra cargada axialmente

### 4.3 Diseño de las estaciones de la línea de ensamble

Para el diseño de las estaciones, recordemos que en el capítulo 3.7 se hizo mención a las dimensiones de que tendría la placa base de las estaciones, para la altura total de esta se encuentran plasmadas en el manual de ergonomía por parte de Hella Automotive México<sup>15</sup>, este documento se encuentran inmersas varias normas de ergonomía, como son altura a la que se tiene que colocar el interfaz de usuario (HMI), altura a la que se tiene que encontrar los herramientas, alojamientos, altura total de la estación. A continuación se hace mención de las partes que componen al producto.

<sup>15</sup> Hella Automotive, ergonomía de usuario 2010.

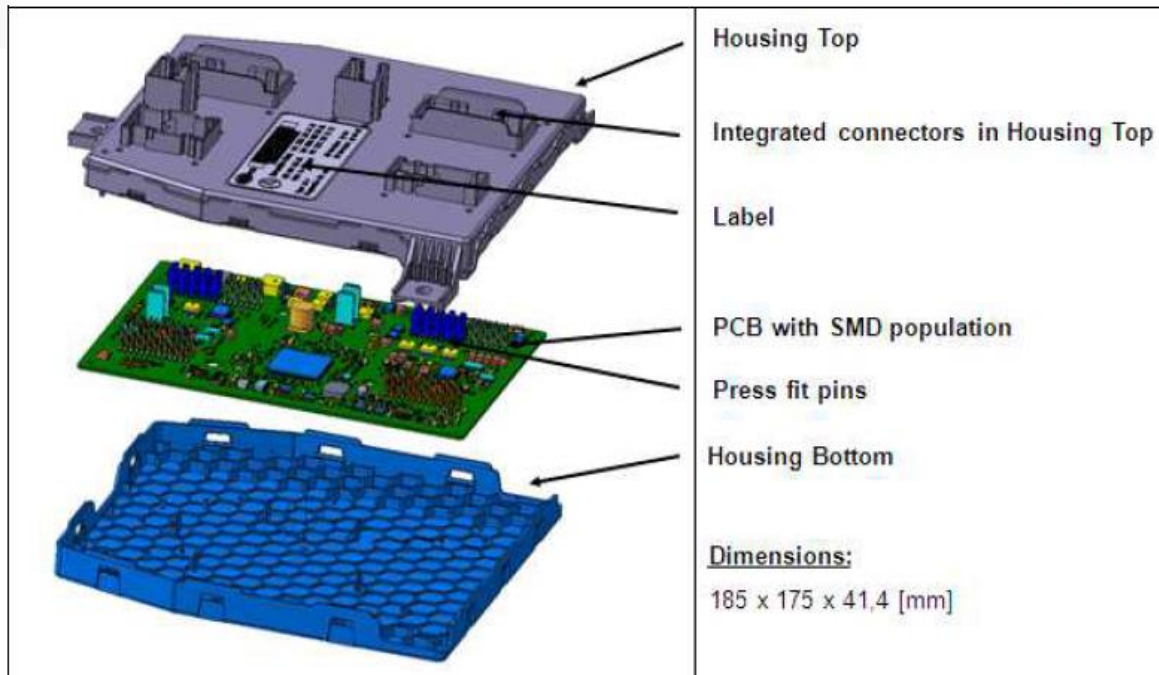


Figura 15 Componentes de módulo de control de carrocería frontal (BCM FRONT)

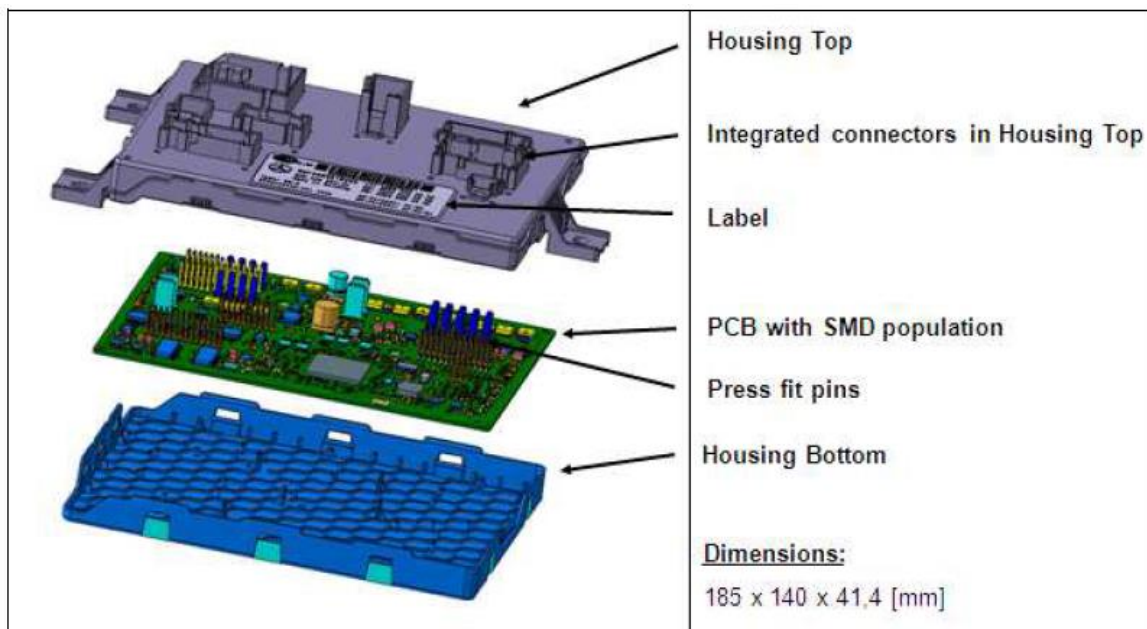


Figura 16 Componentes de módulo de control de carrocería trasero (BCM REAR)



#### 4.3.1 Diseño de bancada 1105.

En el manual de ergonomía de Hella Automotive México, indica una altura intermedia de 2 metros, y las medidas de la placa base es 900x900mm, estas estaciones estarán estructuradas por perfiles BOSCH® de 90x90mm, se utilizara este perfil ya que se seguirá un estándar ya establecido con proyectos anteriores, se realizara de esta forma ya que estas estaciones serán integradas a una línea de ensamble que tiene este estándar.

Para comenzar a diseñar la bancada se necesita el sketch del perfil el cual es proporcionado por el distribuidor de BOSCH® y se agrega al programa de Solidworks ®

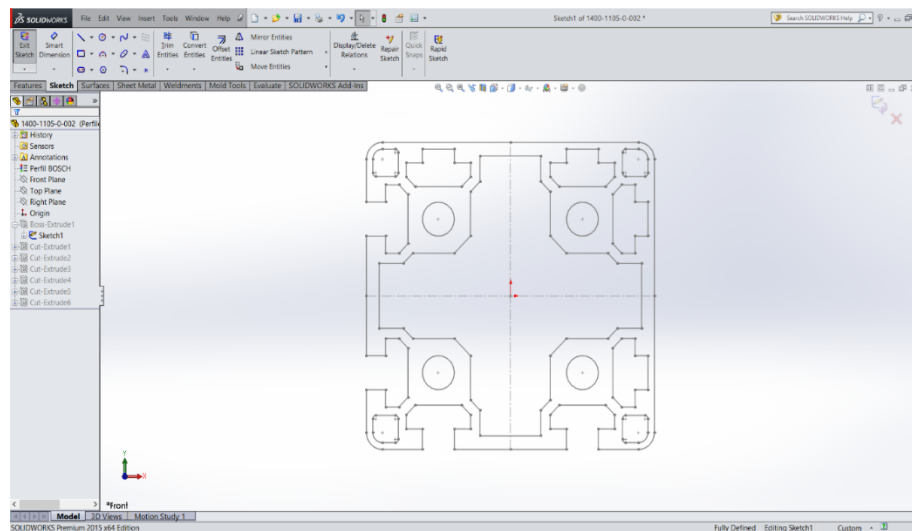


Figura 17 Sketch del perfil Bosch 90x90

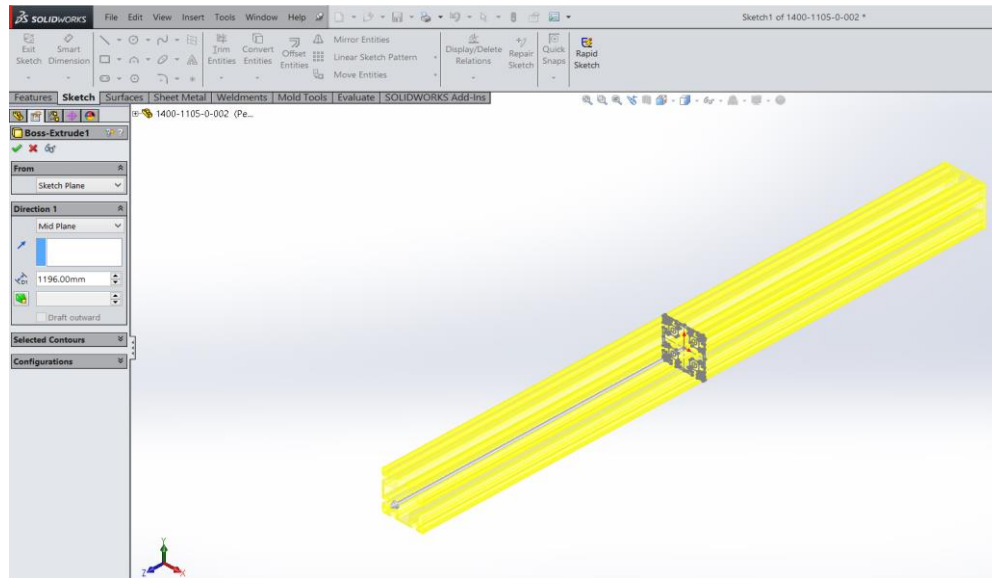
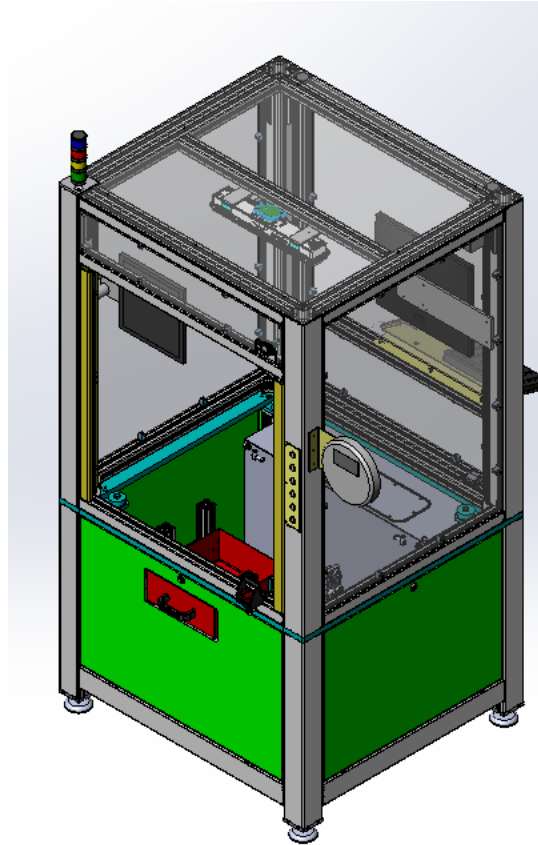


Figura 18 Extrusión para generar perfil Bosch

Como sea había mencionado anteriormente al inicio de este capítulo el diseño de las bancadas serán un estándar de un proyecto que se realizó anteriormente así que se retomará el mismo diseño, en la parte anterior solo se dio una pequeña explicación de cómo se generan los perfiles Bosch®.



*Figura 19 Bancada finalizada*

En la figura 17 se ven representados algunos elementos, como son: El interfaz de usuario, monitor de PC, etc. estos elementos son propuestos por el encargado eléctrico. El diseñador mecánico se encarga de ubicar y verificar espacios, si estos elementos llegaran a ocupar un espacio mayor en la estación se le informa al encargado eléctrico para analice los espacios y busque una solución para que todo encaje a la perfección y sin interferencias. En la bancada se colocaron dispositivos de nivelación Bosch® (ver figura 20), estos niveladores servirán para darle una cierta altura a la estación y valga la redundancia para nivelarla, ya que en la superficie en donde se vaya a situar la estación no tenga buena planicidad, y estos se tengan que ajustar para lograr la nivelación requerida.

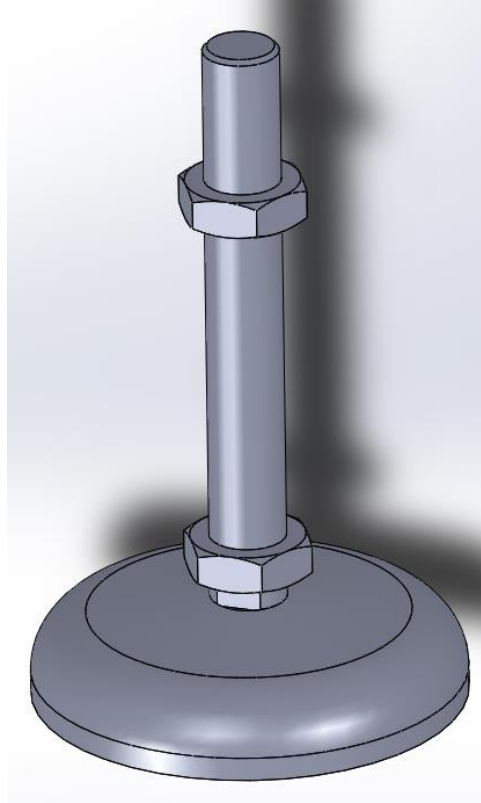


Figura 20 Patas Niveladores Bosch

#### 4.3.2 diseño de bancada 1106

En la estación 1106, no se seguirá con el estándar de Hella Automotive México, ya que esta estación será un anexo a la estación 1105, y solamente soportara la prensa manual SCHMIDT®.

Para realiza esta bancada, se tiene que realizar un sketch 3D en donde se dibujaran puras líneas con las medidas correspondientes y con la forma deseada de la bancada, una vez realizados el sketch 3D y dejándolo completamente definido (ver figura 22), se realiza la extrusión para crear el sólido (ver figura 20), para realizar la extrusión se tiene que utilizar una herramienta de Solidworks®, miembro estructural, esta herramienta se encuentra en la parte de piezas soldadas. Para esta bancada se usara perfil Bosch® 45X45 ya que la estructura no soportara mucho peso.

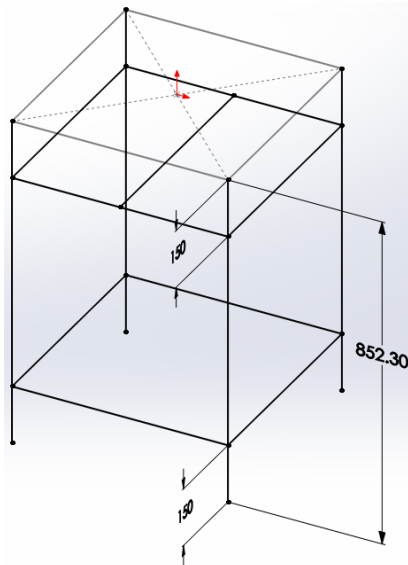


Figura 22 Sketch 3D de la bancada

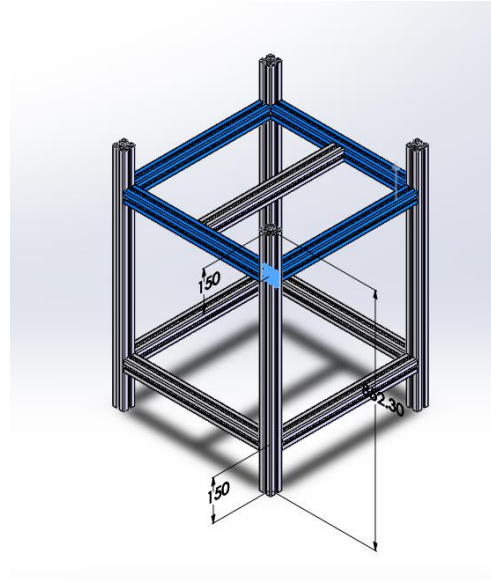


Figura 21 Extrusión del sketch 3D para generar el solido de la bancada

A esta bancada se colocaran niveladores Bosch® para que tenga una buena nivelación (ver figura 20).

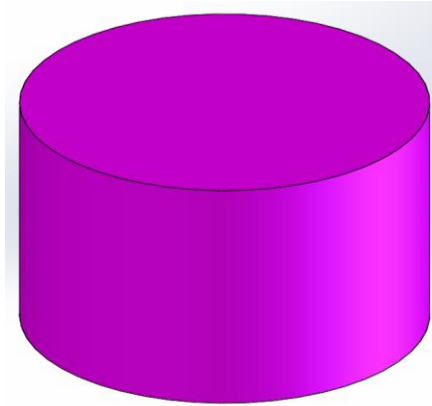
#### 4.4 Diseño de alojamientos para el producto

Para el diseño de los alojamientos es necesario estudiar los planos de los productos como es el plano de la tapa superior (housing top) y de la tarjeta de circuito impreso (PCB) (Anexo 4). Al estudiar los planos nos referimos a ver cuáles son las tolerancias y las referencias geométricas (datum) que traen los productos, estas tolerancias son de mucha utilidad ya que el trabajo que realizar cada estación es la inserción de dos productos y debe de haber una repetibilidad bastante buena para que al momento de hacer la inserción las grapas que traen las tapas superiores ensamble y que el producto no vaya a golpearse al momento de ensamblarlo.

##### 4.4.1 Diseño de alojamiento para la tarjeta de circuito impreso (PCB).

Para el diseño de estos elementos tener que hacer un análisis de cuáles son los elementos comerciales de acero más fáciles de maquinar, ya que ahí se ve implícito el costo, el costo es uno de las consideraciones de diseño más importantes (capítulo 3.3), unos de los elementos más fáciles de maquinar y es el que se adecua más a

nuestras necesidades de diseño, es una barra de acero cilíndrico, el material a usar será acero SAE 4041-T, es un acero a medio carbono aleado con cromo y molibdeno de alta templabilidad y buena resistencia a la fatiga, abrasivo e impacto.<sup>16</sup> Se usará este acero para soportar el impacto y el desgaste que sufrirá al realizar un sinfín de ensambles. También este acero se le realizara un recubrimiento llamado pavonado, el pavonado es un recubrimiento que asegura que las piezas no sufrirán corrosión.



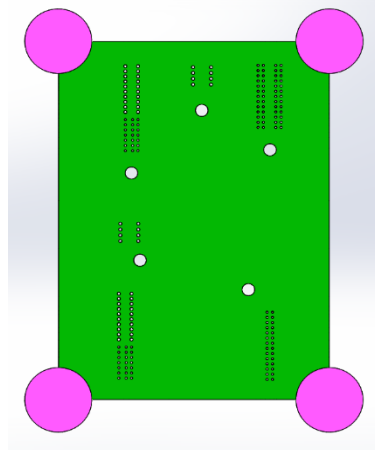
*Figura 23 Barra de acero SAE 4041-T*

Para darle el diseño correcto al alojamiento se realiza un pequeño ensamble con el 3D de la tarjeta de circuito impreso (PCB) y desde el ensamble se realiza un sketch con la forma de la placa PCB.

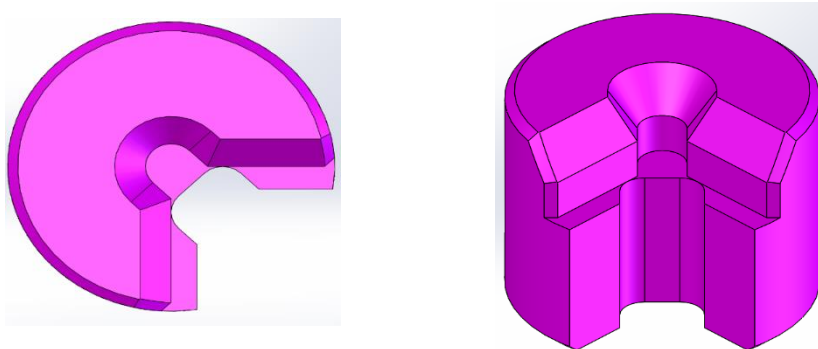
---

<sup>16</sup> Sumiteccr, acero de grado maquinaria, Acero AISI 4041T

Para diseñar los alojamientos se debe de analizar antes como se tiene que maquinar dándole formas sencillas de maquiando evitando realizar redondeos externos, ya que estos son muy costoso para realizar y para realizarlos se tiene que usar una fresadora con CNC.



*Figura 24 Ensamble para generar geometría a la barra de acero SAE 4041-T*



*Figura 25 Alojamiento con recortes, para el asentamiento de la tarjeta de circuito impreso (PCB)*

En el alojamiento se realizaron muchos redondeos internos (ver figura 25), estos redondeos son la forma del cortador. Lo anterior se realiza con la finalidad de prevenir el uso indebido de la máquina herramienta adecuada, que en este caso deberá realizarse con una fresadora convencional. Por otro lado los chaflanes que se realizaron tienen dos objetivos muy importantes, uno de ellos es quitar los filos

que deja el cortador de la fresadora procurando cuidar la seguridad del operador evitando cortaduras en las manos y hacer un guiado al producto.

Estos alojamientos es unas de las piezas controladas para asegurar la repetibilidad de inserción, la tarjeta de circuito impreso (PCB) tiene tres referencias geométricas (datum) importantes, dos de ellos se encuentran en las esquinas de la placa PCB y el tercero es un perno localizador, este perno será muy útil para la localización y a la vez servirá como poka yoke (seguridad de la máquina) estos nos ayudan a que el operador no coloque el producto de manera equivocada, esto también ayuda a la seguridad de la maquina ya que puede dañarse por ensamblar algo que esta erróneo.

En el Anexo 5 se representa las referencias geométricas (datum) A y B estos restringen el posicionamiento de la tarjeta de circuito impreso (PCB) con las paredes paralelas de los alojamientos, estos alojamientos están controlados a la placa base mediante dos barrenos con tolerancia H7, esta es una tolerancia negativa, en los barrenos se colocaran pernos dowell estos pernos tiene una tolerancia en su circunferencia m6, esta es una tolerancia positiva, con estas dos tolerancias sirven para que el perno entre ajustado. Los pernos de localización tienen una distancia entre centros de 18 mm con una tolerancia simétrica de  $\pm 0.02$ , con esta tolerancia reduce la holgura de los tornillos.

Para la placa base en donde se colocarán los alojamientos, debe de tener dos pernos guías, estos servirán para la ubicación y centrado del herramental superior con pallet (ensamble de alojamientos con placa base) como se puede observar en el Anexo 6.



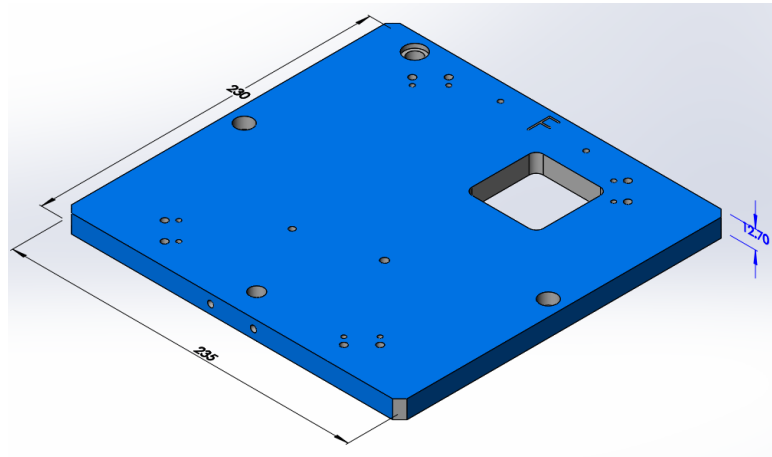


Figura 26 Dimensiones de la placa base para los alojamientos

En la placa base se realizó un corte, este corte servirá para que un escáner tome la lectura es de una codificación de datos en 2D (datamatrix) que trae la tarjeta de circuito impreso (PCB).

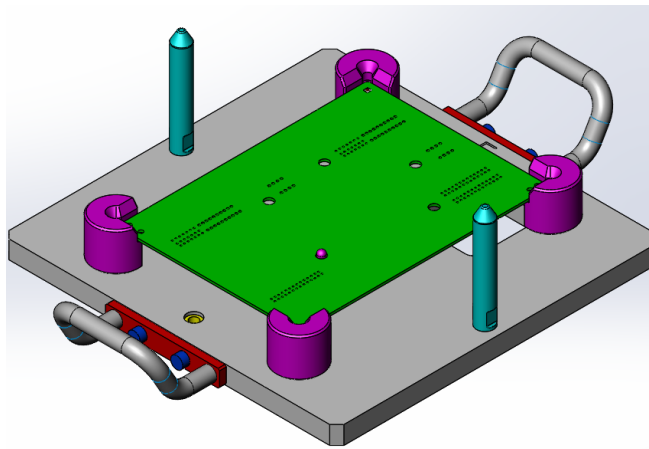


Figura 27. Ensamble de pallet (alojamientos con placa base)

En el pallet (ver figura 27) se representan dos manijas marca MISUMI® estas ayudaran para que el operador cargue el pallet en la estación de trabajo, de igual forma de representa un buje en color amarillo este buje servirá para el cambio rápido del pallet este cambio rápido estará guiado mediante un pasador.

#### 4.4.2 Diseño de alojamientos para la tapa superior (housing top).

Para el diseño de estos alojamientos, el procedimiento será igual que el diseño anterior de la tarjeta de circuito impreso (PCB), estos alojamientos servirán para soportar la tapa superior (housing top) (ver figura 28) y también como poka yokes (seguridad de máquina).

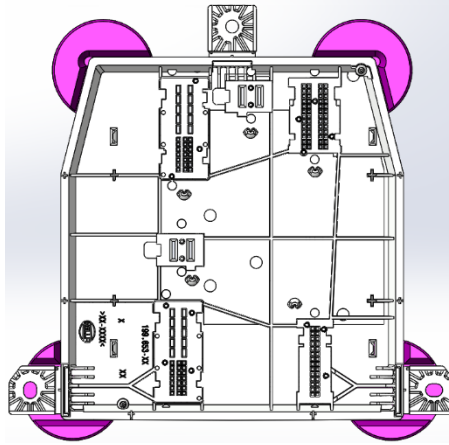


Figura 28 Representación de los alojamientos en la tapa superior (Housing top)

En estos alojamientos tendrá una paralelidad de 0.05mm (Anexo 7) esto ayuda a tener una altura controlada ya que si se la tapa superior (housing top) se encuentra desnivelado ocasionara una mala inserción de la tarjeta de circuito impreso (PCB) y podría dañar a un circuito de la tarjeta. De igual forma que los alojamientos anteriores tiene redondeos internos, estos son para el recorrido el cortador y los chaflanes son para quitar fillos y guiar a la pieza en su lugar de asentamiento.

Retomando el concepto anterior este pallet tendrá dos pernos guías estos pernos ayudaran a la ubicación del pallet con el herramental (pick and place) estos aseguraran la posición y la repetibilidad de inserción de la tarjeta de circuito impreso (PCB) con la tapa superior (housing top) (ver figura 29).

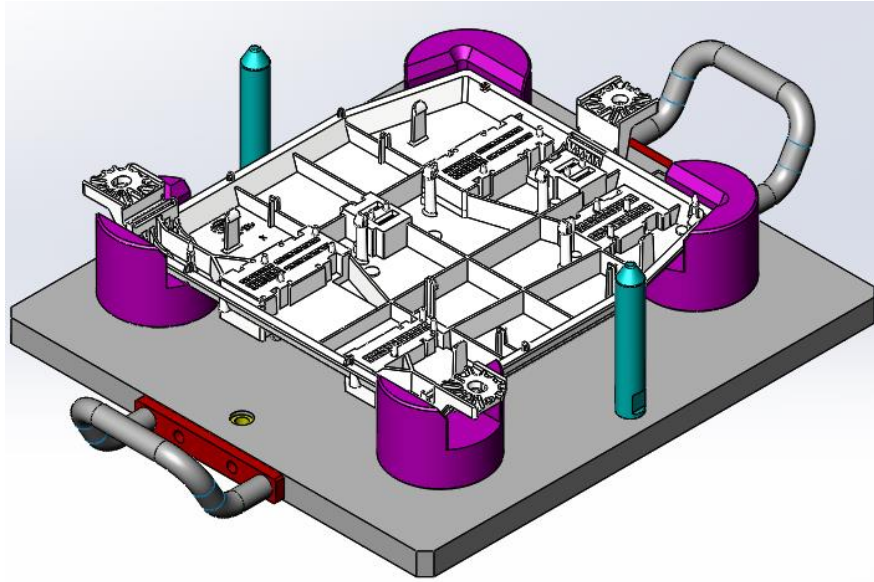


Figura 29 Ensamble de pallet (alojamientos con tapa superior)

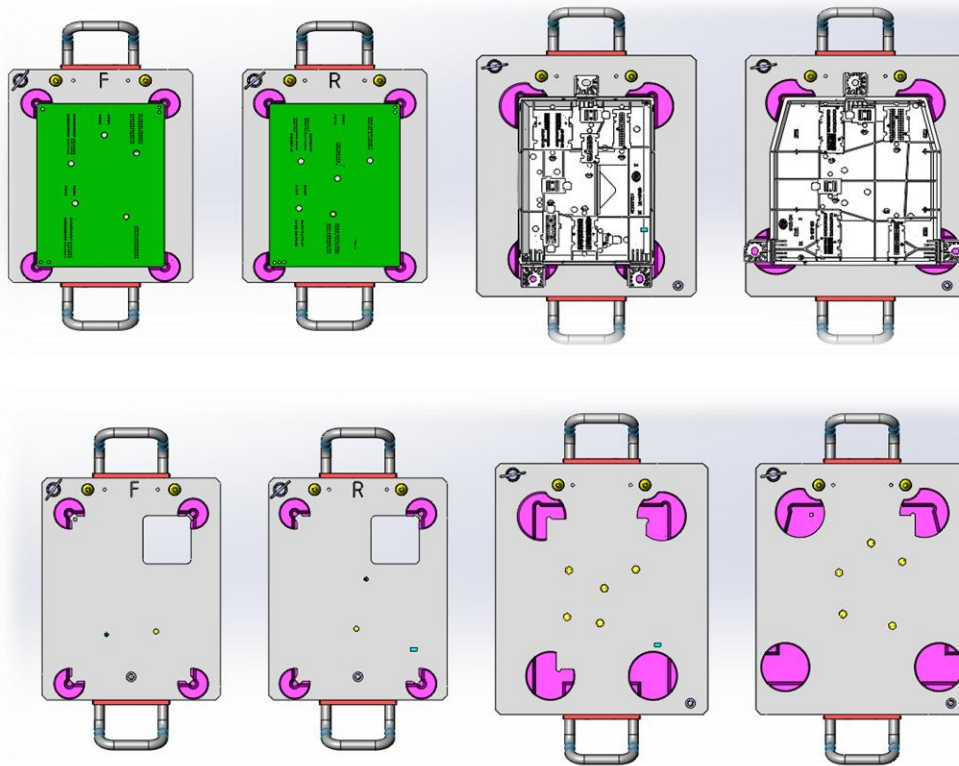


Figura 30 Representación el diseño de los 4 pallets, 2 para la tarjeta de circuito impreso y 2 para la tapas superior

## 4.5 Diseño de herramientas

### 4.5.1 Diseño de herramental de la estación 1105.

El herramental servirá únicamente para tomar la tarjeta de circuito impreso (PCB) de su alojamiento, mediante un dispositivo llamado pinza de Bernoulli (capítulo 4.1.3.2). El herramental tendrá cambio rápido ya que la tarjeta de circuito impreso (PCB) de ambos productos es diferente, tendrá una placa base, una placa de alojamiento para la pinza de Bernoulli y una placa de acetal esta servirá para dispersar uniformemente el aire generado por la pinza de Bernoulli.

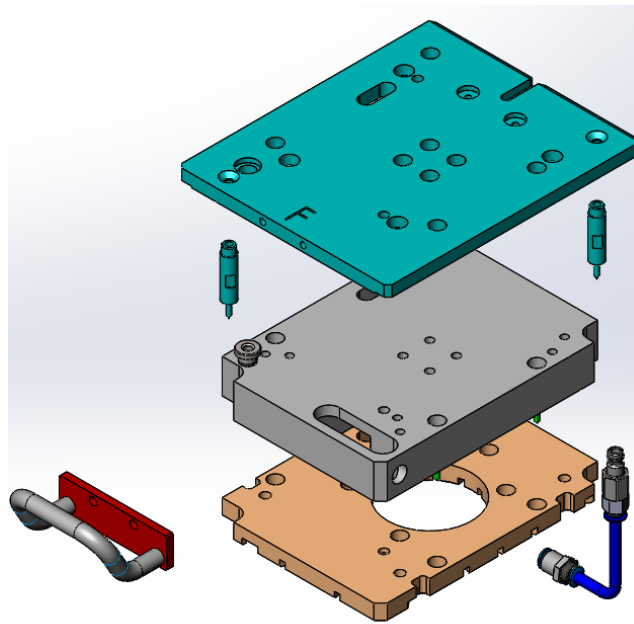


Figura 31 Vista explosionada de herramental

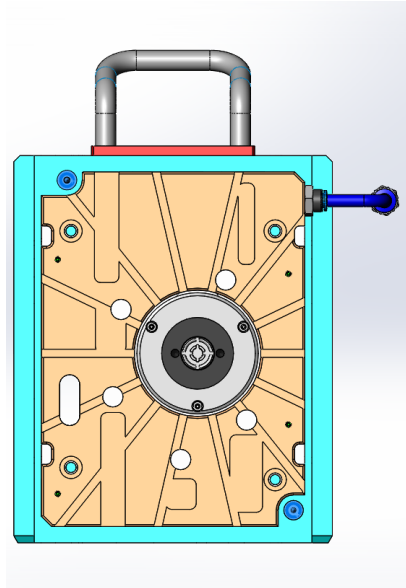


Figura 32 Herramental superior

El herramental tendrá dos pernos guías estos estarán referenciados a los orificios que tiene la tarjeta de circuito impreso (PCB) con las mismas tolerancias para obtener una repetibilidad buena.

#### 4.5.2 Diseño de herramental de la estación 1106.

Este herramental estará adaptado para los dos productos, este herramental estar fijo en a la prensa manual SHMIDTH®, en este herramental se colocaran unos tornillos guías, estos servirán como pisadores que realizar el prensado del producto, es tornillos se deslizaran por medio de unos bujes auto lubricados, estarán ubicados en las posiciones de las grapas para que se realice una buena inserción de tapa superior (housing top) y la tapa inferior (housing bottom).

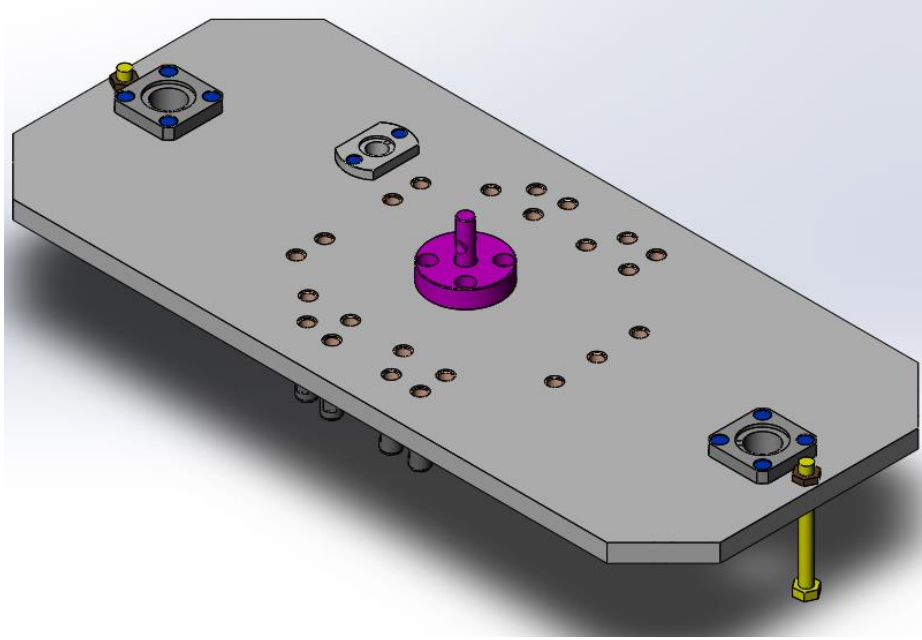


Figura 33 Herramental de la estación 1106

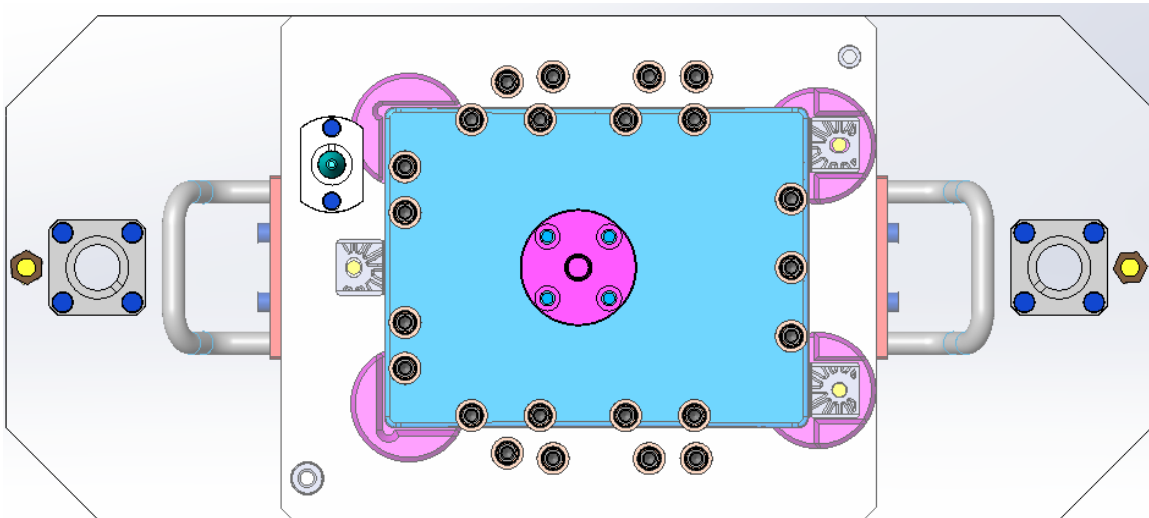


Figura 34 Ubicación de los pisadores en el módulo de control de carrocería trasero (BCM REAR)

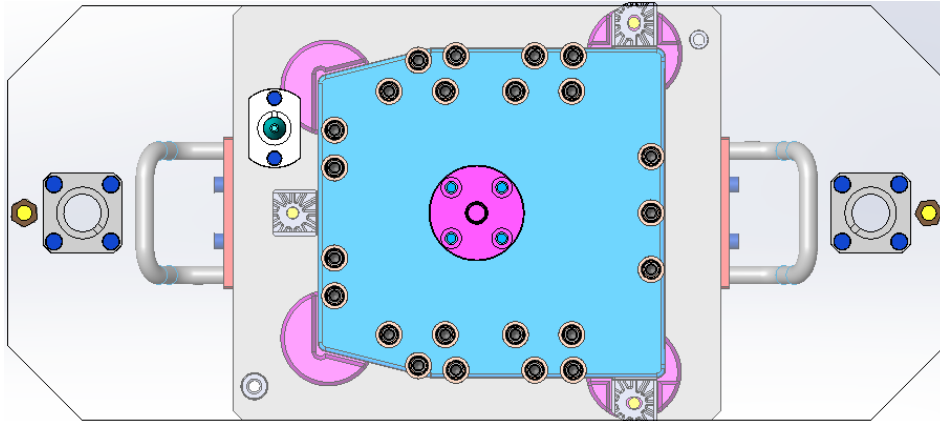


Figura 35 Ubicación de los pisadores en el módulo de control de carrocería frontal (BCM REAR)

En la figura 35 se representa que ambos productos quedan perfectamente ubicados en los pisadores. Este herramental tendrá un perno guía esto servirá para dar ubicación y centraje al producto con el herramental.

Una vez tenidos todos los elementos diseñados se realiza el ensamble general de la estación 1106.

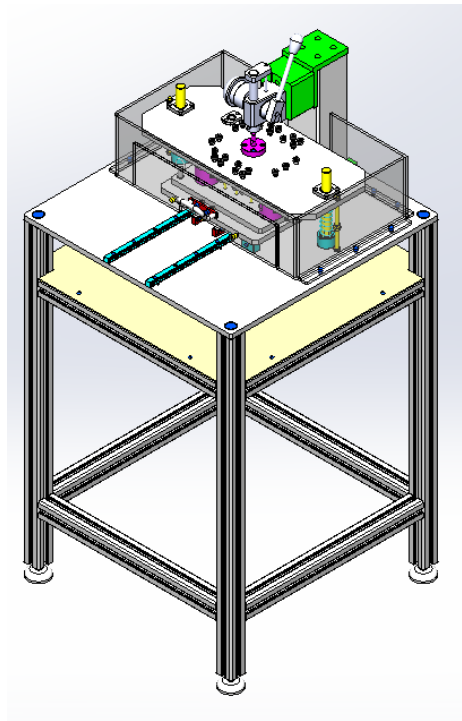
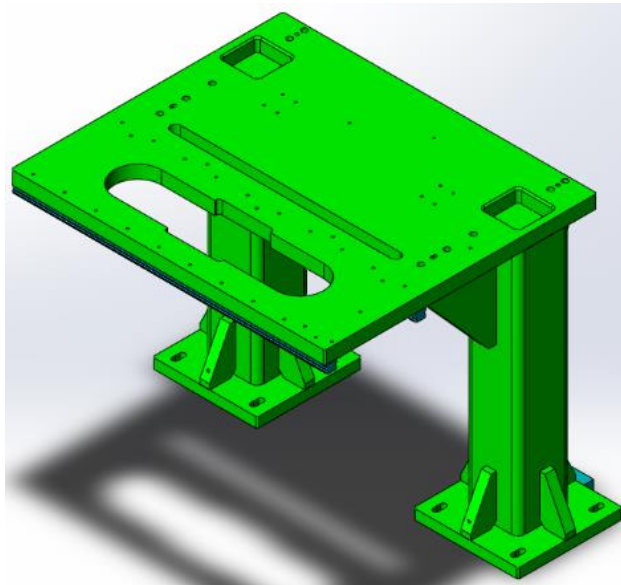


Figura 36 Ensamble general de la estación 1106

#### 4.6 Diseño de soporte para prensa PROMESS®

Para el diseño de este soporte se utilizara perfil tubular rectangular (PTR) ya que este tipo de perfil es lo suficientemente rígido para soportar el peso y el movimiento que tendrá la prensa Promess®. En la parte superior de estos soportes se colocara una placa de acero ASTM A36, en esta placa es donde se situaran el eje lineal de husillo FESTO®, y la prensa PROMESS®, el eje husillo se usara para trasladar a la prensa, desde la toma de la tarjeta de circuito impreso (PCB) y hacer la inserción en la tapa superior (housing top).



*Figura 37 Propuesta para soporte de la prensa PROMESS®*

Una vez teniendo el diseño del soporte se realiza una simulación en SolidWorks® para analizar el comportamiento que tendrá dicho soporte, para realizar la simulación debe de tener un peso aproximado (ver figura 38 propiedades de masa de prensa PROMESS®, figura 39 propiedades de masa de placa base de herramental y figura 40 propiedades de masa de herramental) de todos los componentes que soportara este elemento.



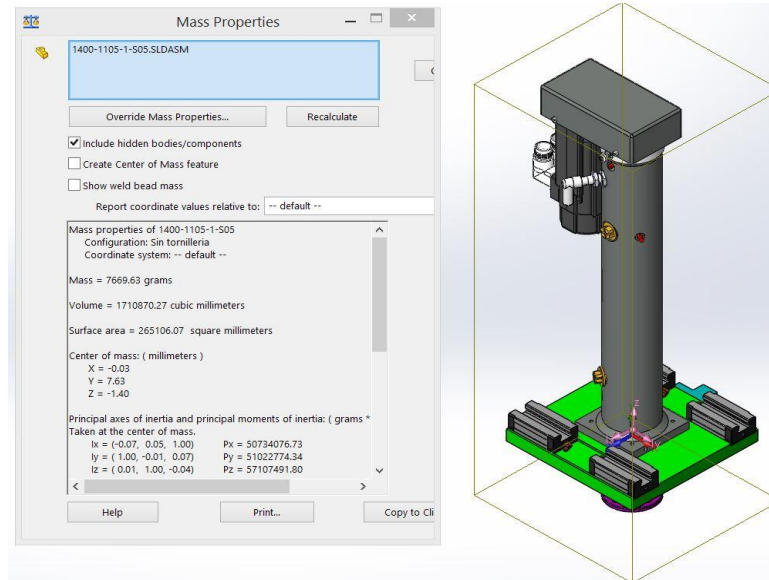


Figura 38 Propiedades de masa de la prensa PROMESS

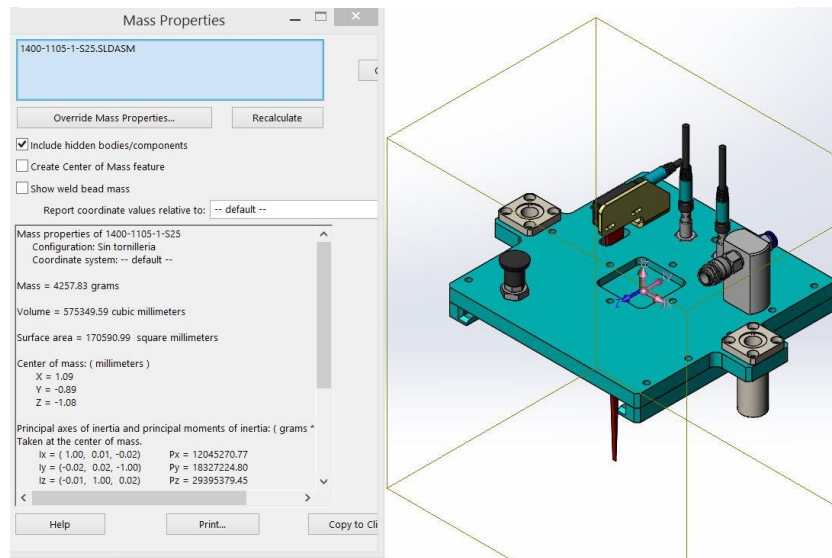


Figura 39 Propiedades de placa base de herramental

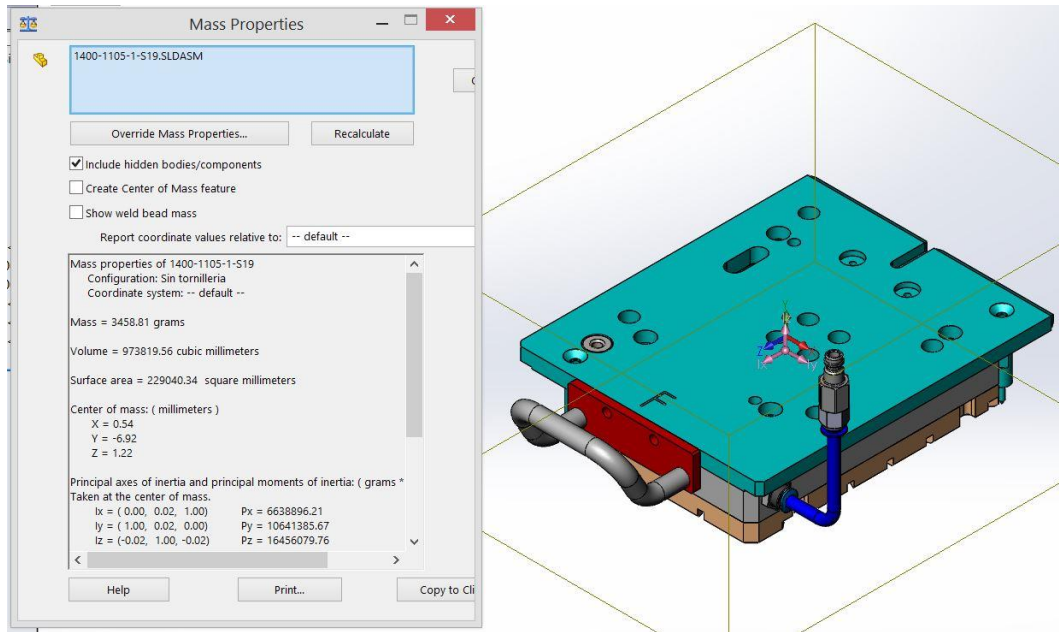


Figura 40 Propiedades de herramienta

Para obtener la fuerza que se ejercerá sobre la estructura de perfil tubular rectangular (PTR) se determina el peso total de los componentes se multiplica por la gravedad y por un factor de seguridad de 1.5.

$$\text{peso } (w) \times \text{gravedad}(g) = \text{Fuerza } (N) \quad \text{Ecuación 9}$$

$$15.40 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 151.074 \text{ N}$$

$$151.074 \text{ N} \times 1.5 = 226.611 \text{ aprox. } 227 \text{ N}$$

Esta fuerza es con la que se realizara la simulación. Para ellos se deben de tomar cuenta las condiciones de sujeciones en este caso la estructura de perfil tubular rectangular (PTR) estará soldada por lo tanto tendrá sujeciones rígidas.

### Material Properties

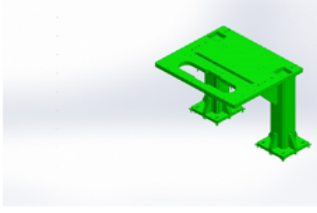
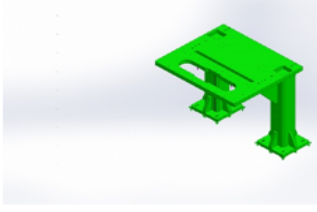
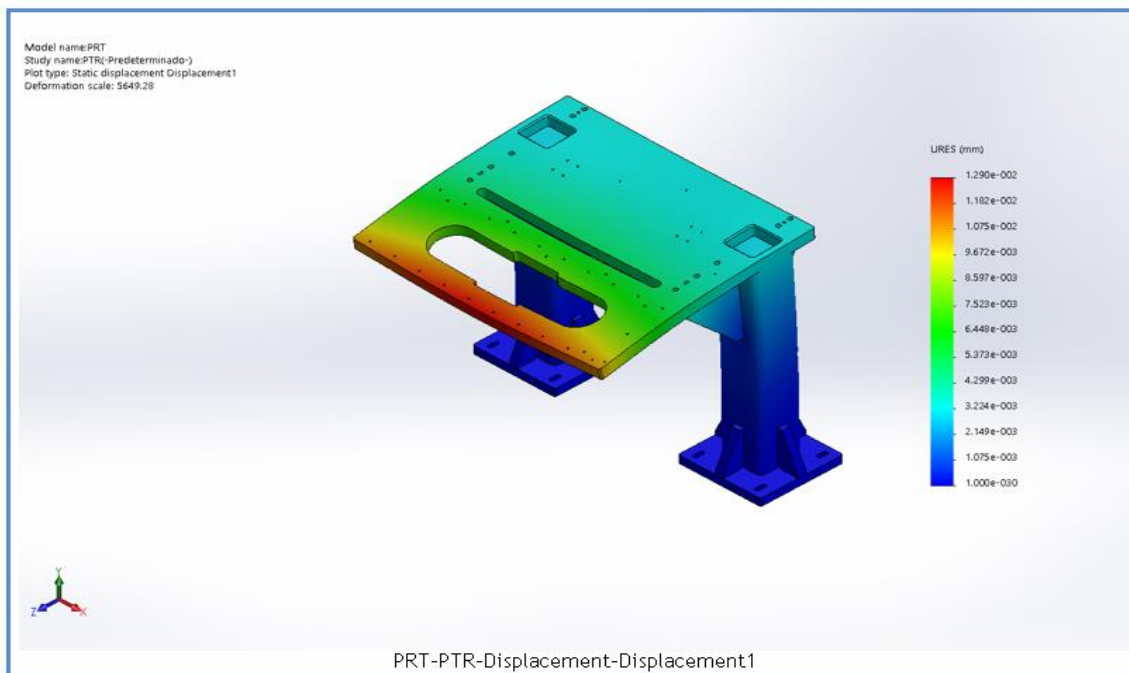
Model Reference	Properties	Components
	<b>Name:</b> A36 (Black Plate) <b>Model type:</b> Linear Elastic Isotropic <b>Default failure criterion:</b> Unknown <b>Yield strength:</b> 1.65e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Tensile strength:</b> 3.2e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Elastic modulus:</b> 2e+011 N/m <sup>2</sup> <b>Poisson's ratio:</b> 0.33 <b>Mass density:</b> 7865 kg/m <sup>3</sup> <b>Shear modulus:</b> 7.93e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Thermal expansion coefficient:</b> 1.2e-005 /Kelvin	SolidBody 1 (Boss-Extrude9) (1400-1105-1-002-1), SolidBody 1 (Boss-Extrude9) (1400-1105-1-002-2), SolidBody 1 (M8x1.25 Tapped Hole1) (1400-1105-1-005-1), SolidBody 1 (M8x1.25 Tapped Hole1) (1400-1105-1-005-2), SolidBody 1 (Chamfer1) (1400-1105-1-026-1)
Curve Data:N/A		
	<b>Name:</b> SAE 1045 <b>Model type:</b> Linear Elastic Isotropic <b>Default failure criterion:</b> Unknown <b>Yield strength:</b> 5.05e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Tensile strength:</b> 5.85e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Elastic modulus:</b> 2e+011 N/m <sup>2</sup> <b>Poisson's ratio:</b> 0.285 <b>Mass density:</b> 8000 kg/m <sup>3</sup> <b>Shear modulus:</b> 8e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Thermal expansion coefficient:</b> 1.5e-005 /Kelvin	<Material_ComponentList1/>
Curve Data:N/A		

Figura 41 Propiedades de masa del soporte propuesto



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.86134e-010 Element: 29285	4.78735e-006 Element: 4209

Figura 42 Estudio de desplazamiento

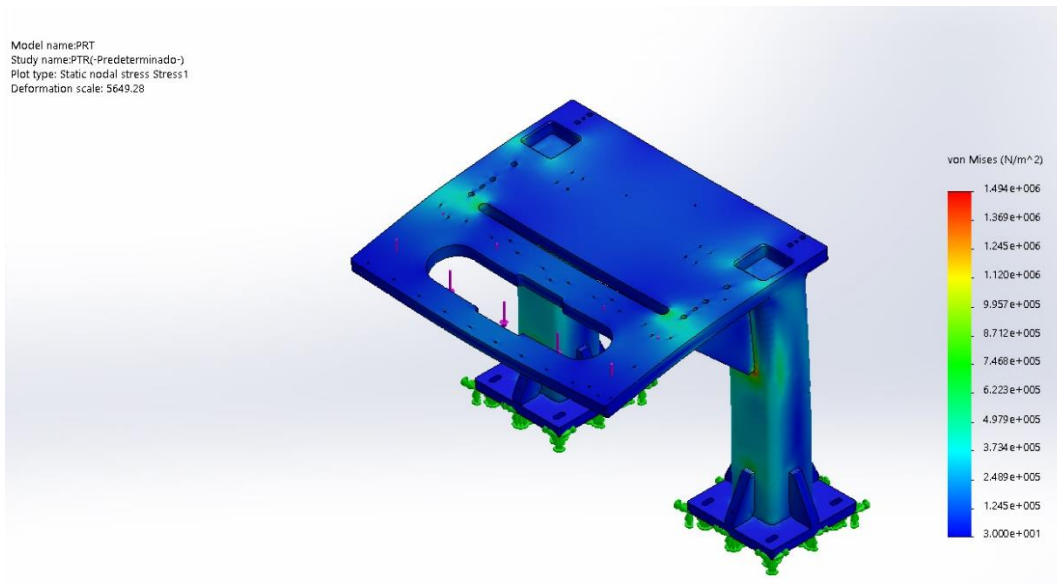


Figura 43 Estudio de deformación de Von Mises

Una vez que realizada la simulación, analizamos el comportamiento de la estructura, comprobamos que las deformaciones y el desplazamiento son mínimos, una vez comprobado el comportamiento de esta estructura se continúa con el diseño. Teniendo todas las piezas diseñadas controladas con referencias geométricas y tolerancias, piezas que estén sometidos a esfuerzo, se realiza el ensamble del herramental y ensamble general de toda la estación (ver figura 44 ensamble de herramental y figura 45 ensamble general).

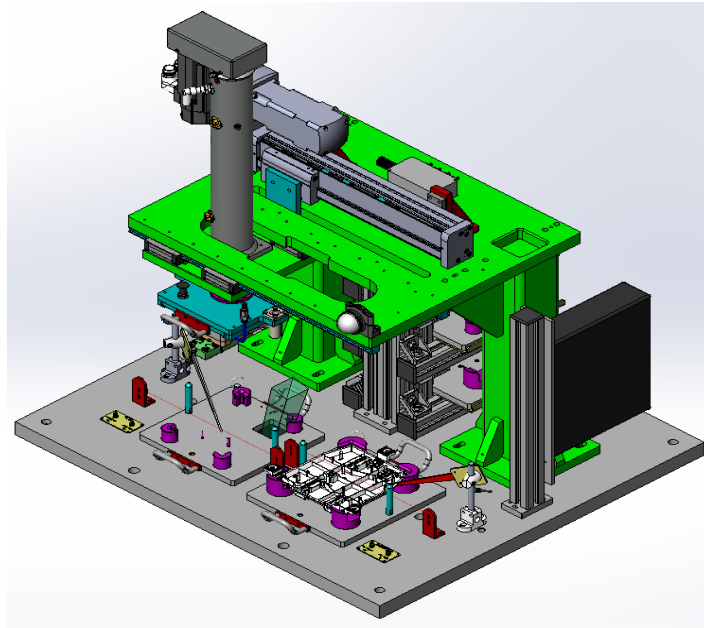


Figura 44 Herramental con todos sus componentes

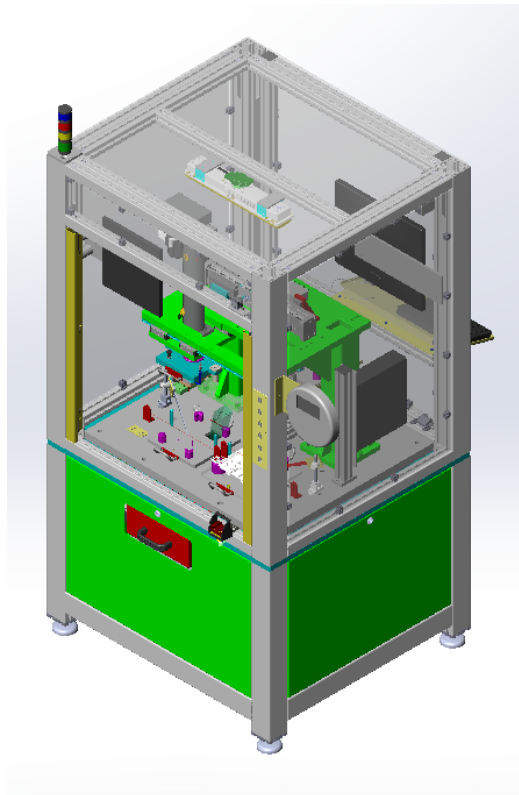


Figura 45 Ensamble general de la estación 1105




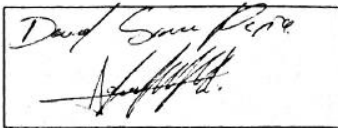
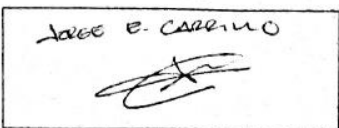
# Capítulo 5

## Resultados

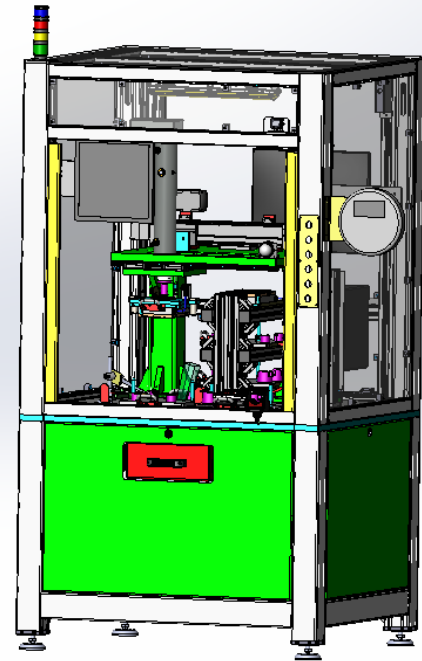
## Conclusiones

## 5.1 Resultados

Para realizar el montaje de las estaciones, se tiene que realizar una junta y se tiene que exponer el diseño de las bancadas al cliente (HAME) una vez que se haya debatido puntos de cada estación y si el cliente está conforme con el diseño se hace la validación y se firma una minuta, estando aceptado el diseño mecánico con el cliente se genera lista de materiales (BOM) de cada estación y se realiza el trámite correspondiente con el departamento de compras.

 MONDRAGON ASSEMBLY	<b>ACEPTACIÓN DEL DISEÑO</b>
<p>De una parte: MONDRAGON ASSEMBLY SA DE CV Representado por: <b>ING. MARIO AXEL AMEZQUITA LUCIO</b> de otra: <u>CLIENTE:</u> HELLA AUTOMOTIVE MEXICO actuando en su nombre y representación: <b>ING. JORGE CARRILLO</b> se reúnen en el presente acto para formalizar la "ACEPTACIÓN DEL DISEÑO" de la siguiente: <u>MAQUINA DE REFERENCIA:</u> correspondiente a su pedido N°: 4500119078 E06 Y 4500119234 E06</p> <p>Una vez realizadas los análisis correspondientes, se recogen las observaciones en hoja adjunta, que MONDRAGON ASSEMBLY SA DE CV. se compromete a contemplar en el proyecto definitivo.</p> <p><u>CONCLUSION</u> Como muestra de conformidad de la "Aprobación del Diseño" objeto de este documento, y a todos los efectos, las partes anteriormente señaladas firman el mismo en Santiago de Querétaro: <b>19 DE FEBRERO DE 2016</b></p>	
Por MONDRAGON ASSEMBLY SA DE CV	Por EL CLIENTE
	
<p><i>Fco. David Lindillo Espinoza</i> <i>Fernando M. Pérez Bucio</i></p> <p style="text-align: right;">Emisión: 2016 Revisión</p>	

Una vez realizado los diseños demostrados anteriormente llegamos a la parte de ensamble y puesta punto en la empresa Mondragón Assembly en donde todos los planos se mandan a fabricar en los centros de maquinado que se encuentran en la ciudad de Querétaro.



*Figura 46 Comparación de la estación diseñada en SolidWorks y la estación en físico*

Hasta la fecha las estaciones están en prueba y ajuste fino, el ajuste fino se refiere al ajuste de los sensores que son lo que se encargan de sensar el posicionamiento de las partes del producto, y la calibración de la prensa PROMESS®, el encargado de realizar el ajuste fino es el ensamblador y el programador.



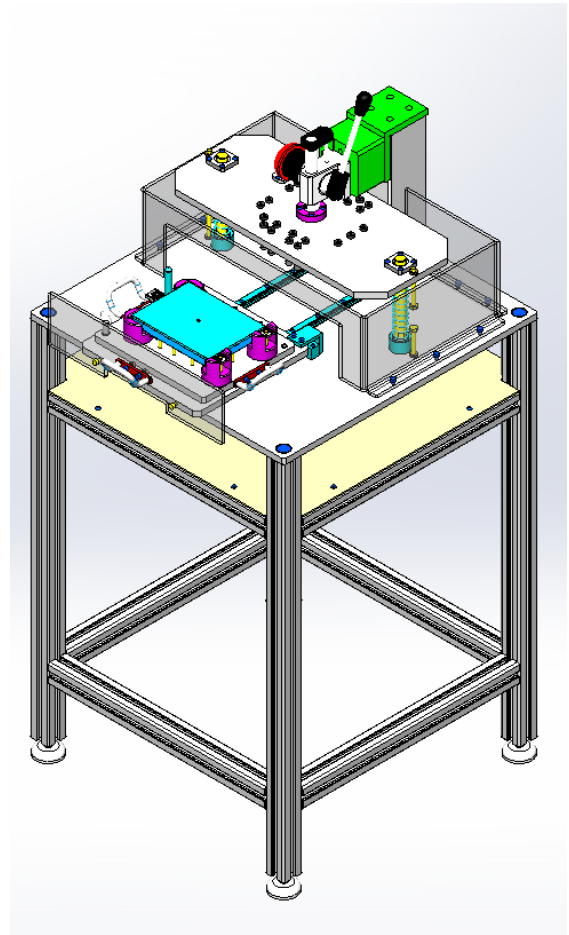


Figura 47 Comparación de la estación diseñada en SolidWorks y la estación en físico

## 5.2 Conclusiones

Lo que se busca en cada proyecto de este tipo además de dar solución a las problemáticas inicialmente planteadas, es observar más allá de lo superficial y predecir situaciones que podrían comprometer el buen funcionamiento de las estación en este caso. Es por ello que cada uno de los detalles presentes en el diseño fue visualizando la realidad, imaginando y preguntándose el qué pasaría. Cada uno de los elementos que lo conforman tiene su razón de ser y cumplen una función específica en el diseño.



# Capítulo 6

## Fuentes de Información

## 6.1 fuentes de información

Festo (2016). Festo. Recuperado de febrero de 2016, de Festo:  
[https://www.festo.com/cat/es-mx\\_mx/data/doc\\_es/PDF/ES/EGC-TB\\_ES.PDF](https://www.festo.com/cat/es-mx_mx/data/doc_es/PDF/ES/EGC-TB_ES.PDF)

Festo (2016). Festo. Recuperado de febrero de 2016, de Festo:  
[https://www.festo.com/cms/es-mx\\_mx/54375.htm#](https://www.festo.com/cms/es-mx_mx/54375.htm#)

Festo (2016). Festo. Recuperado de febrero 2016, de Festo:  
[https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/172864/PSI\\_431\\_1\\_OGGB\\_es\\_bV05.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/172864/PSI_431_1_OGGB_es_bV05.pdf)

Schmidt (2016). Schmidt. Recuperado de marzo 2016, de Schmidt:  
[http://schmidttechnology.ch/es/maschinen/download/seiten/s08-09\\_pensas-de-cremallera\\_es.pdf](http://schmidttechnology.ch/es/maschinen/download/seiten/s08-09_pensas-de-cremallera_es.pdf)

Promess (2015). Promess. Recuperado de enero 2015, de Promess:  
<https://www.promessinc.com/>

Solidworks (2015). Solidworks. Recuperado en noviembre de 2015, de solidworks:  
<https://www.solidworks.es/>

THK (2016). THK. Recuperado en enero de 2016, de THK:  
<http://www.thk.com/>

Mondragón Assembly México (2016). Recuperado en enero de 2016, de Mondragón Assembly:  
<http://www.mondragon-assembly.com/mx/mondagon-assembly>



# Capítulo 7

## Anexos

## Anexo 1.- hojas técnicas de los componentes usados en la estación 1105.

### Ejes accionados por correa dentada EGC-TB-KF, con guía de rodamiento de bolas

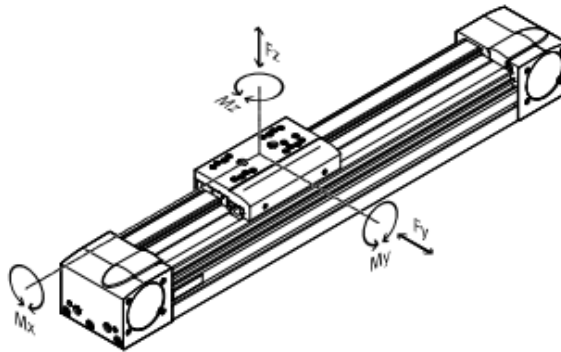
FESTO

Hoja de datos

#### Valores característicos de las cargas

Las fuerzas y los momentos indicados toman como referencia la superficie del carro. El punto de ataque es el punto de intersección del centro de la guía y la línea central longitudinal del carro.

No deberán superarse durante el funcionamiento dinámico. Además, se debe prestar especial atención a la operación de frenado.



Fuerzas y momentos máximos admisibles para una vida útil de 5000 km						
Tamaño		50	70	80	120	185
$F_{y\text{máx}}$	[N]	650	1850	3050	6890	15200
$F_{z\text{máx}}$	[N]	650	1850	3050	6890	15200
$M_{x\text{máx}}$	[Nm]	3,5	16	36	144	529
$M_{y\text{máx}}/M_{z\text{máx}}$						
EGC-...-GK/-GP	[Nm]	10	51	97	380	1157
$M_{y\text{máx}}/M_{z\text{máx}}$						
EGC-...-GV/-GQ	[Nm]	-	132	228	680	1820

Importante

Para una vida útil del sistema de guía de 5000 km, el valor comparativo de la carga, basándose

en las fuerzas y momentos máximos admisibles para 5000 km, debe tomar un valor  $f_v < 1$ .

Si el eje está expuesto a varias fuerzas y momentos, deberán respetarse las cargas máximas

admisibles y deberá cumplirse la siguiente ecuación:

Cálculo del factor comparativo de la carga:

$$f_v = \frac{|F_{y,dyn}|}{F_{y,máx}} + \frac{|F_{z,dyn}|}{F_{z,máx}} + \frac{|M_{x,dyn}|}{M_{x,máx}} + \frac{|M_{y,dyn}|}{M_{y,máx}} + \frac{|M_{z,dyn}|}{M_{z,máx}}$$

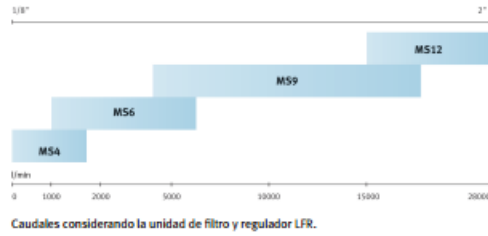
Figura 48 Hoja técnica de los momentos y fuerzas ejercidas en el eje de usillo

### Módulos combinables individualmente

La serie ofrece todas las funciones modernas de preparación de aire comprimido: válvulas reguladoras de presión, de cierre y de arranque progresivo con funciones de seguridad, filtros, sensores de presión y de caudal, unidad de secado, sensores y lubricadores. Así es posible encontrar siempre la solución

óptima para cada aplicación. Gracias a su estructura modular, todos los componentes pueden combinarse indistintamente.

**Una serie – Cuatro tamaños**  
Los cuatro tamaños de la serie MS cubren el margen completo de caudal.



### Eficiencia energética gracias a una combinación inteligente de tamaños



### Sensores y funciones de seguridad integrados



### Software de ingeniería para soluciones hechas a medida



Software para seleccionar la combinación apropiada, evitando componentes de dimensiones demasiado grandes y eligiendo la clase de pureza del aire correcta.

→ [www.festo.com/Ingeniería/unidad\\_de\\_mantenimiento](http://www.festo.com/Ingeniería/unidad_de_mantenimiento)

- Caudal óptimo con unidades más compactas en hasta un 18 por ciento.
- Excelente eficiencia energética.
- Combinaciones de coste optimizado: ¡ahorrar hasta un 30 por ciento!

- Bloqueo automático del aire comprimido en modo de espera
- Detección y notificación de fugas
- Monitorización online de los parámetros relevantes para el proceso

### Sensores de presión y de caudal

- Solución integrada o independiente
- Conexión sencilla mediante conector M8/M12

### Válvulas de seguridad MS-SV

- Descarga rápida y fiable del aire en sistemas con nivel de rendimiento hasta "e", certificación según DIN EN ISO 13849-1
- Función integrada de arranque progresivo



Obtención fiable de la combinación apropiada: configuración rápida, inclusión sencilla de los datos en el pedido, gracias al configurador de productos. Por ejemplo, para la combinación de unidades de mantenimiento MSB6.

→ [www.festo.com/catalogue/msb6](http://www.festo.com/catalogue/msb6)

### Datos técnicos

Tipo	MS4	MS6	MS9	MS12
Patrón [mm]	40	62	90	124
Presión primaria admisible [bar]	Máx. 14	Máx. 20	Máx. 20	Máx. 20*
Temperatura de funcionamiento [°C]	-10 ... +60			
Caudal LFR qnN [l/min]	1.700	6.200	20.000	28.000
Tamaños de la conexión	G 1/8, 1/4, 3/8	G 1/4, 3/8, 1/2, 3/4	G 1/2, 3/4, 1, 1 1/4, 1 1/2	G 1, 1 1/4, 1 1/2, 2

\* Lubricador de máx. 16 bar; descarga automática del condensado, máx. 12 bar

[www.festo.com](http://www.festo.com)

ES – Reservados el derecho de modificación  
PS1408.1 2015/03

Figura 49 Hoja técnica para la selección de unidades de mantenimiento

## Pinzas OGGB sin contacto según el principio de Bernoulli

### Aplicaciones principales

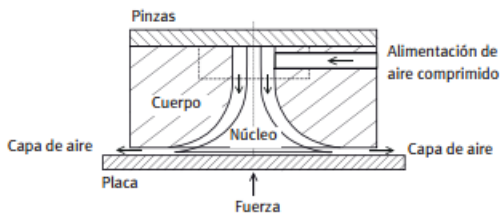
- Transporte de células solares y de placas
- Transporte de capas delgadas
- Transporte de láminas
- Transporte de vidrio
- Transporte de pletinas
- Chapas desiguales
- General: piezas flexibles y de superficie grande, como cartón, láminas, chapas de madera, textiles y esteras de fibra de carbono
- Separación de piezas
- Extensión de varias piezas sueltas que se han sujetado al mismo tiempo

### Variantes de material de las admisiones

- Polímero para una sujeción prácticamente sin marcas
- Elastómero para una elevada fuerza transversal



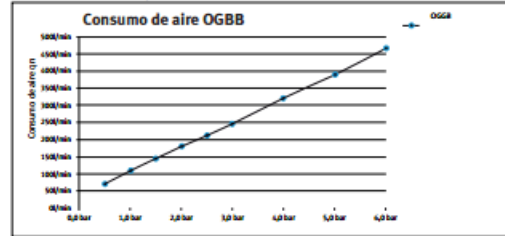
### Principio de funcionamiento



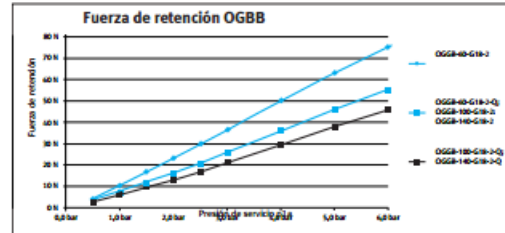
Especificaciones técnicas:	
Diámetro	60, 100, 140 mm
Tipo de agarre	Sin contacto
Material	Aluminio
Sin sustancias agresivas para la laca	Sí
Fuerza de retención	Ver propia tabla
Fluido	Aire atmosférico
Presión de funcionamiento	0 ... 6 bar
Temperatura ambiente	0 ... +60 °C
Nivel de ruido	65 dB*
Consumo de aire	110 l/min*
Conexión neumática	G 1/8
Posición de montaje	Indiferente

\* con una presión de 1 bar

### Económico: consumo de aire qn en función de la presión de funcionamiento p1



### Fuerte y delicado: fuerza de sujeción en función de la presión de funcionamiento



	Tamaño	Fuerza
Fuerza de sujeción con presión nominal	60	10 N
	100	7 N
	140	7 N
	60-Q	7 N
	100-Q	6 N
	140-Q	6 N
Fuerza transversal con presión nominal de funcionamiento	60	1 N
	100	1 N
	140	1 N
	60-Q	15 N
	100-Q	12 N
	140-Q	12 N

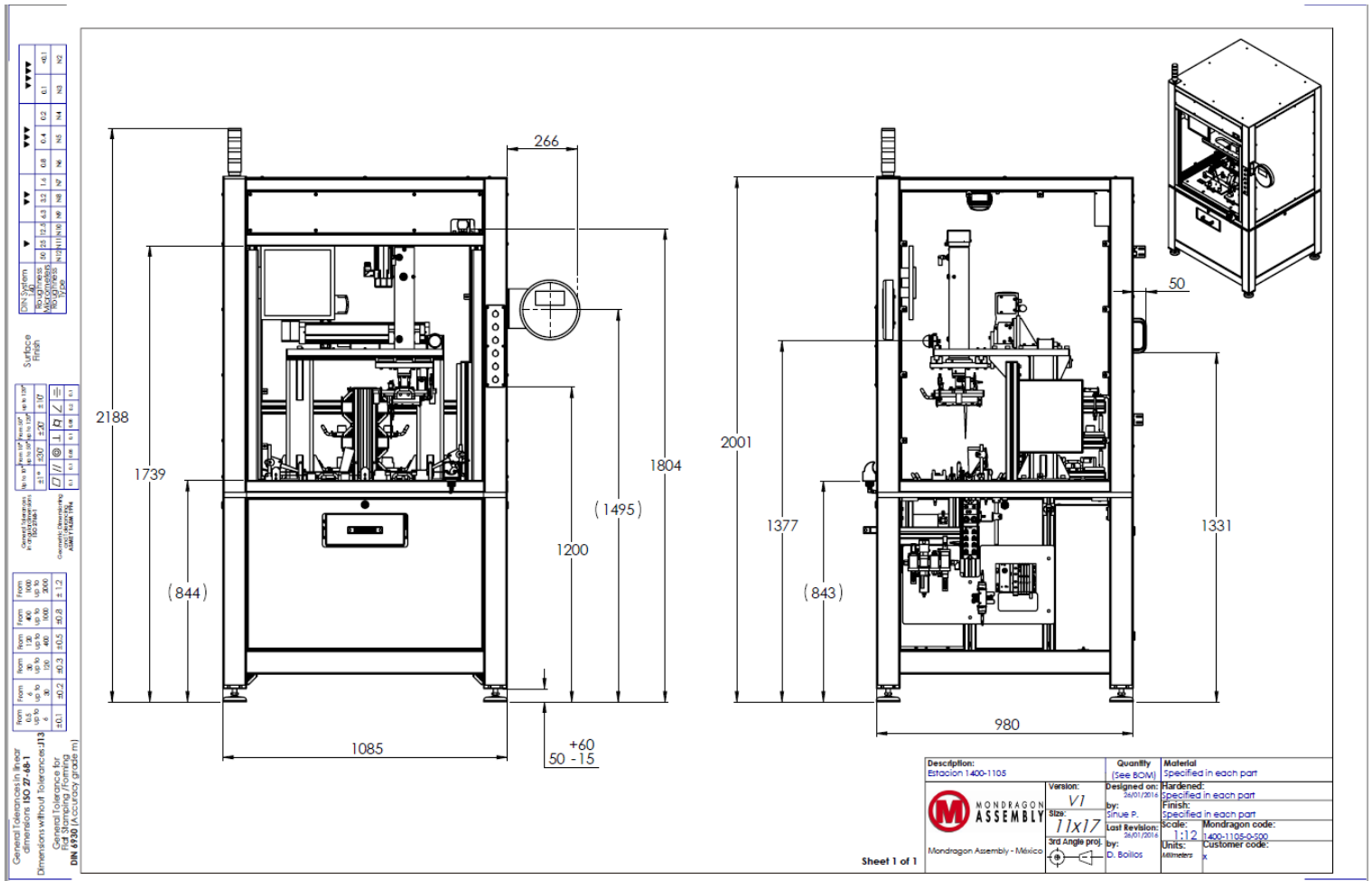
### Festo AG & Co. KG

Ruiter Strasse 82  
73734 Esslingen  
www.festo.com  
Tel. +49 711 347-0  
Fax +49 711 347-2144  
service\_international@festo.com

Reservado el derecho de modificación 2012/06

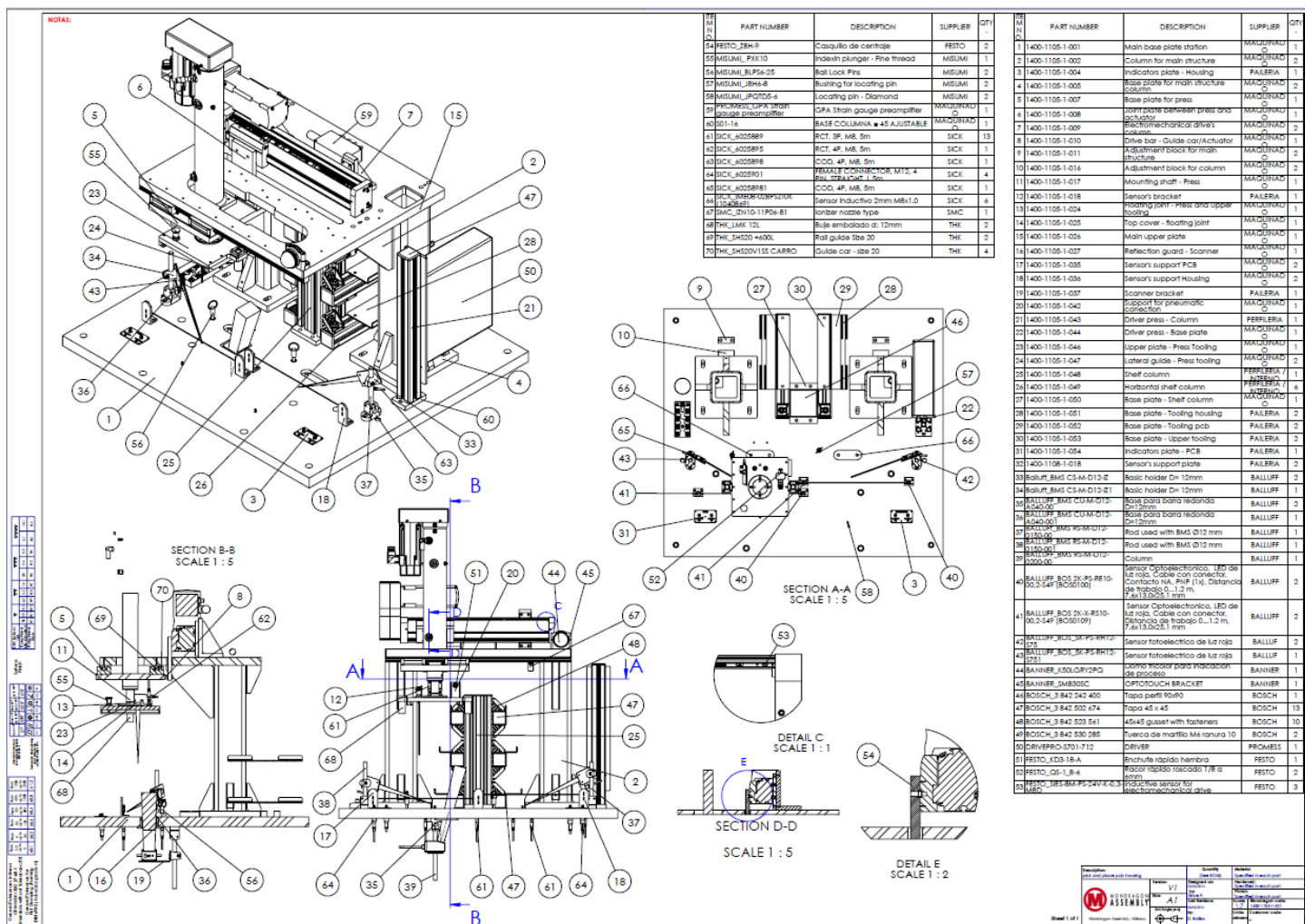
Figura 50 Hoja técnica de las pinzas de Bernoulli

## Anexo 2.- Planos de ensamble de las estaciones 1105



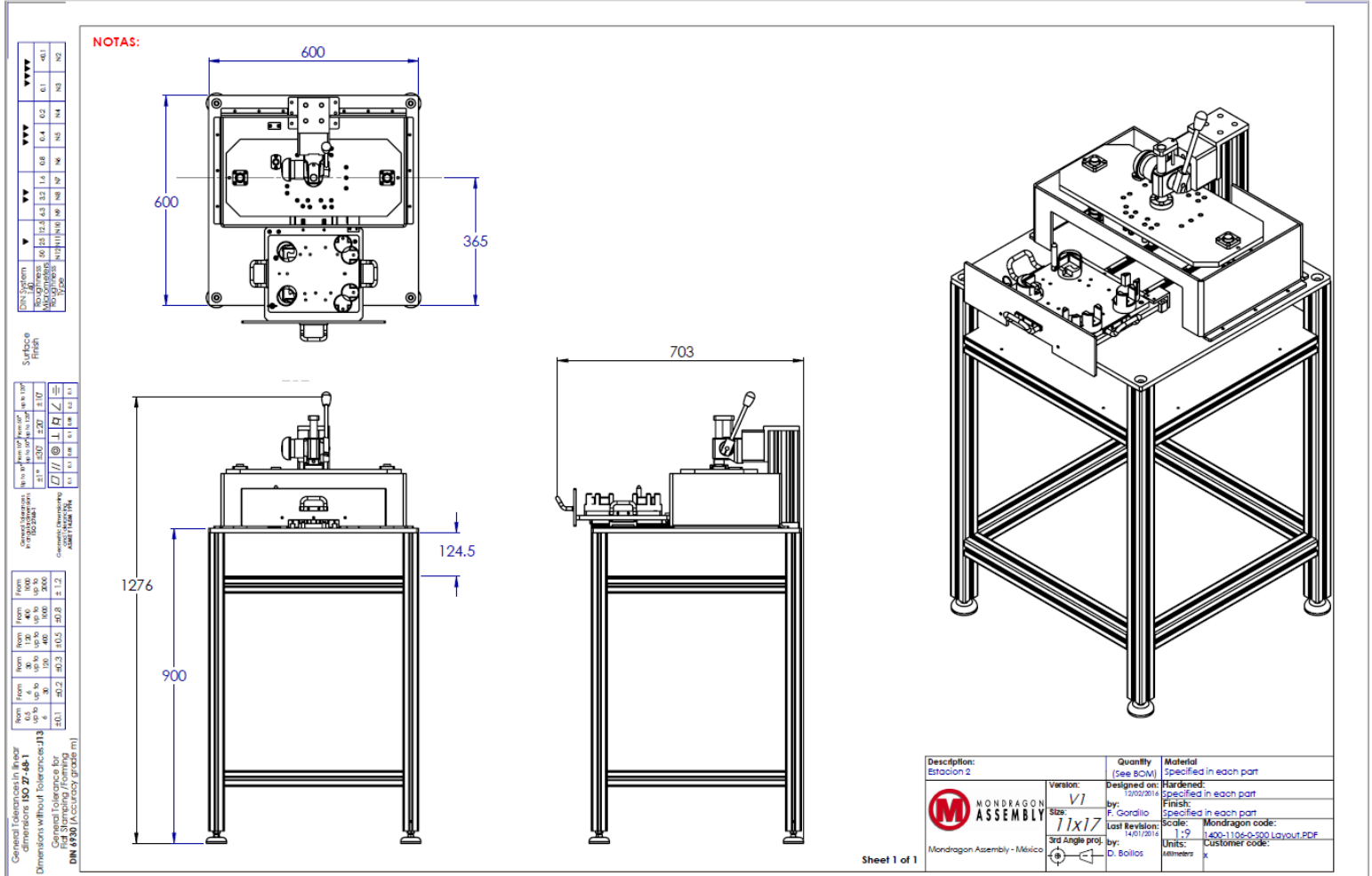
Plano 1 Layout (bosquejo) de la estación



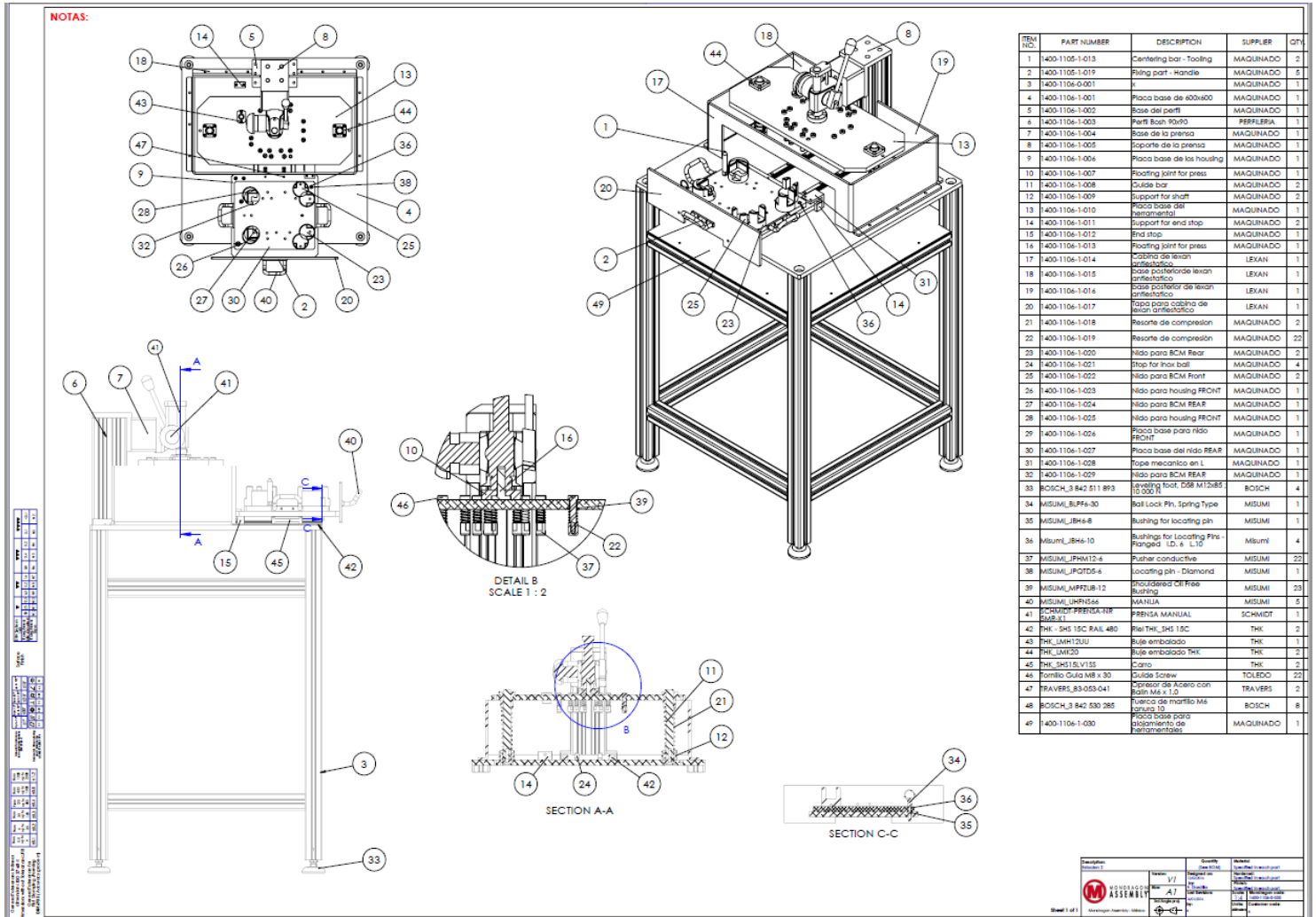


Plano 2 Plano de ensamble de herramienta

### Anexo 3.- Planos ensamble de la estación 1106

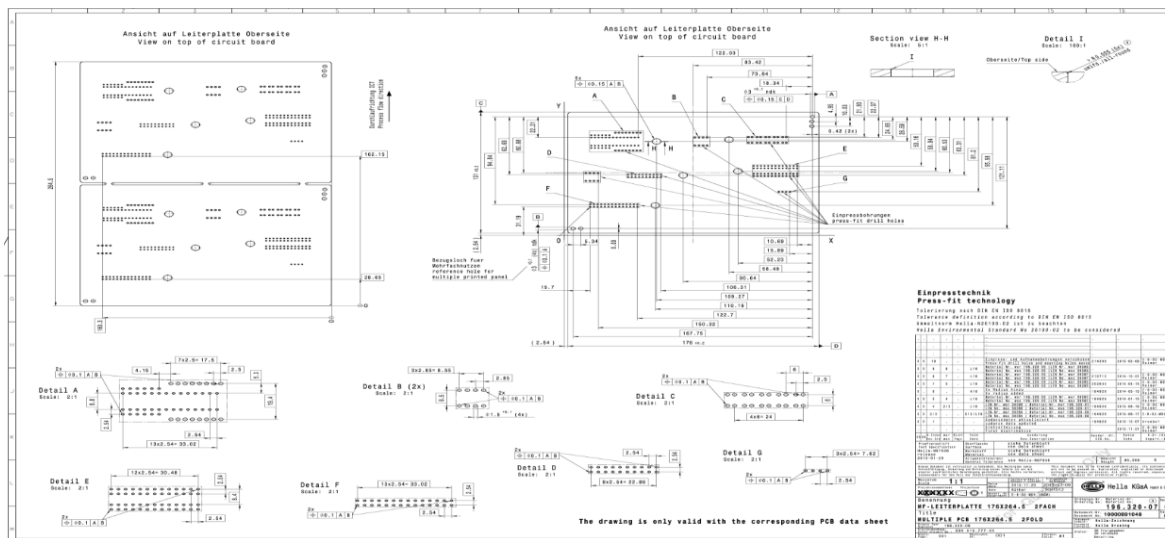


Plano 3 Layout (bosquejo) de la estación

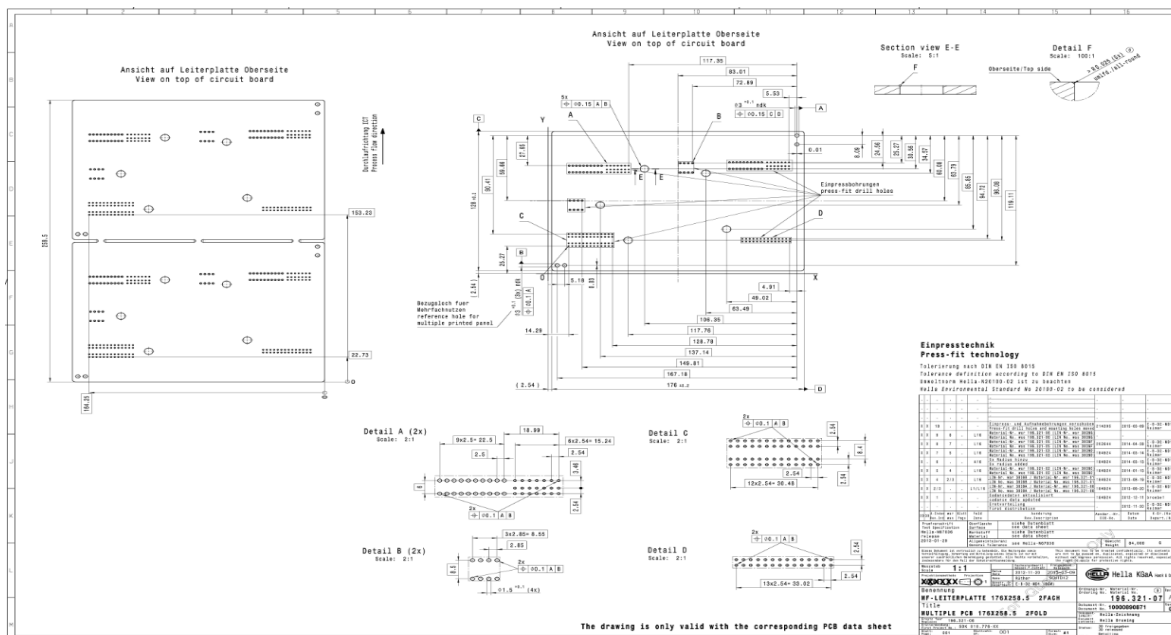


Plano 4 Plano de ensamble de la estación

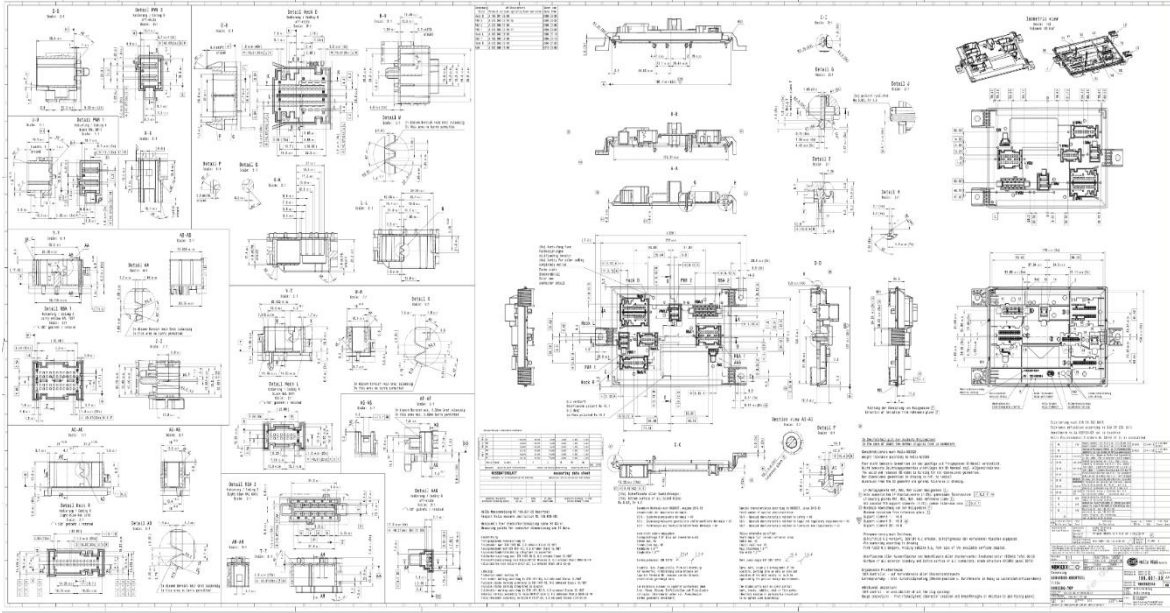
# Anexo 4 Planos de los componentes del producto



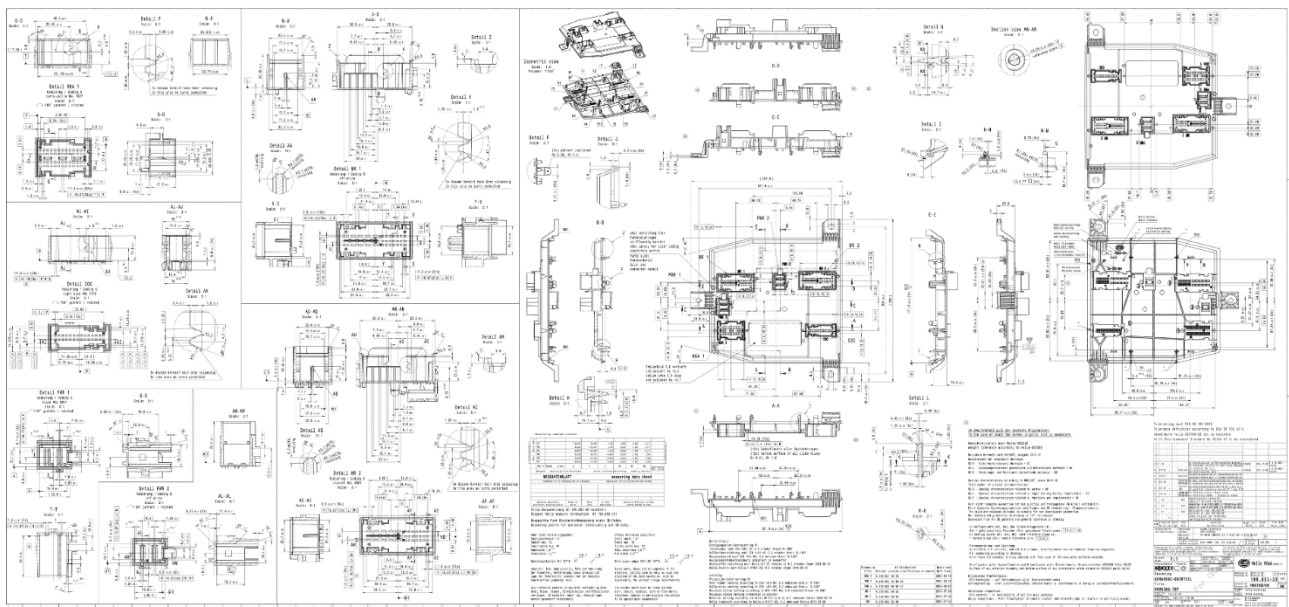
Plano 5 Plano de la tarjeta de circuito impreso frontal (PCB FRONT)



Plano 6 Plano de la tarjeta de circuito impreso trasera (PCB REAR)

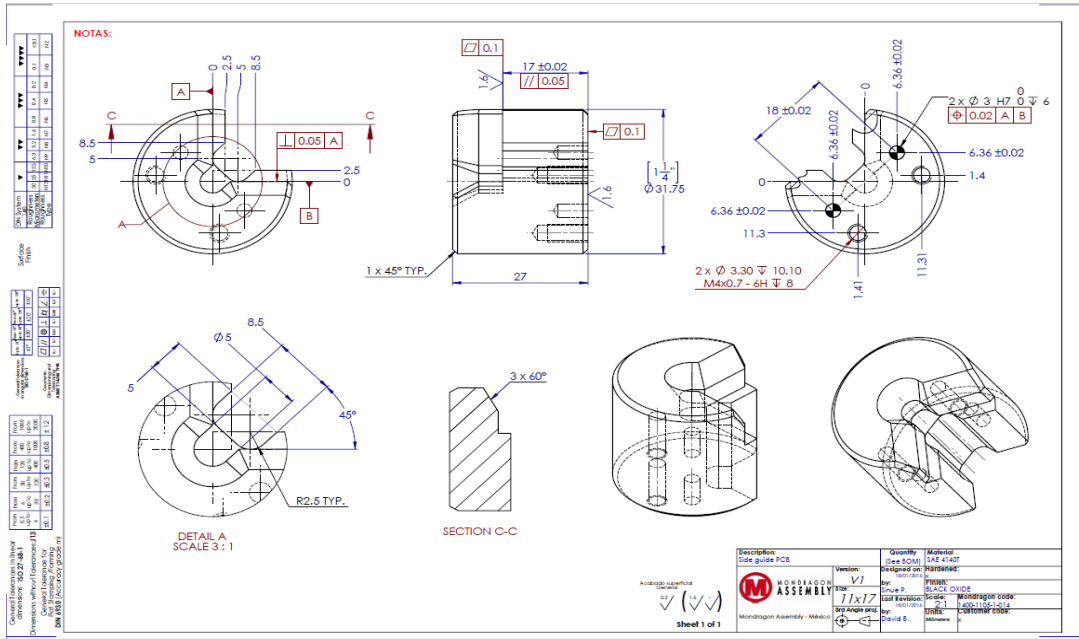


Plano 7 Plano de la tapa superior trasera (housing rear)



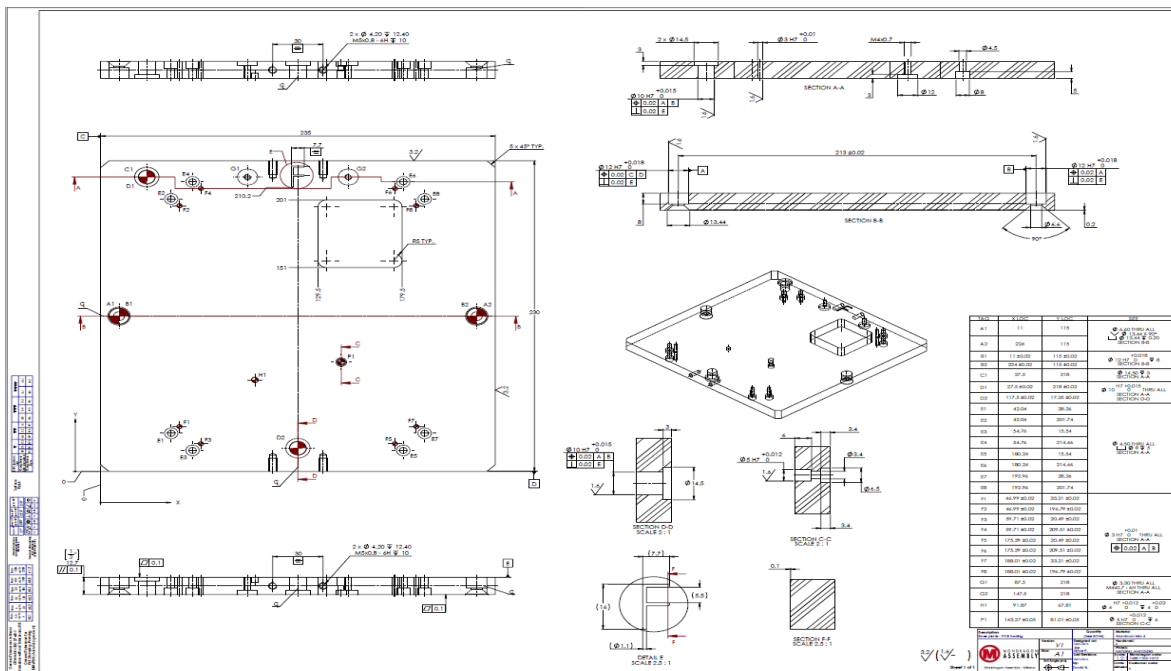
Plano 8 Plano de la tapa superior frontal (housing front)

## Anexo 5 Plano de alojamiento de producto para PCB



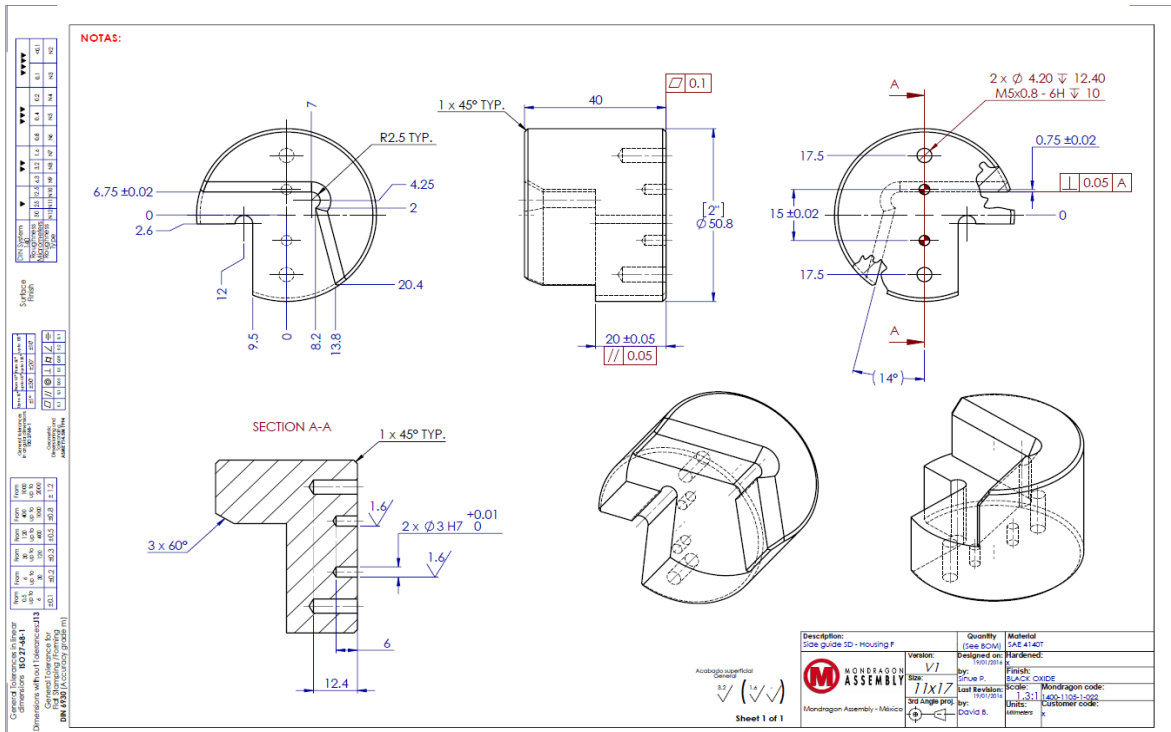
Plano 9 Plano de alojamientos de la tarjeta de circuito impreso (PCB)

## Anexo 6 Plano de placa base para los alojamientos

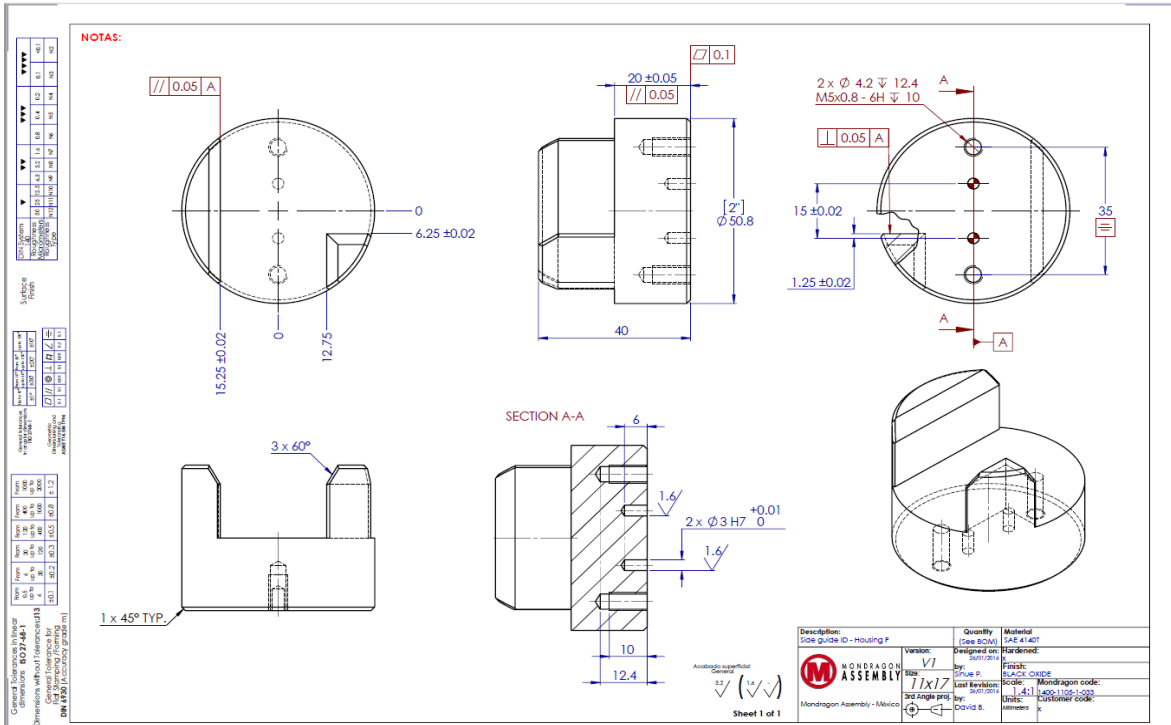


Plano 10 Plano de placa base para los alojamientos

## Anexo 7 Alojamiento para tapa superior (housing top).



Plano 12 Plano de alojamientos superiores de tapa superior (housing top)



Plano 11 Plano de alojamientos inferiores de tapa superior (housing top)

Anexo 8 Catalogo THK D-809S

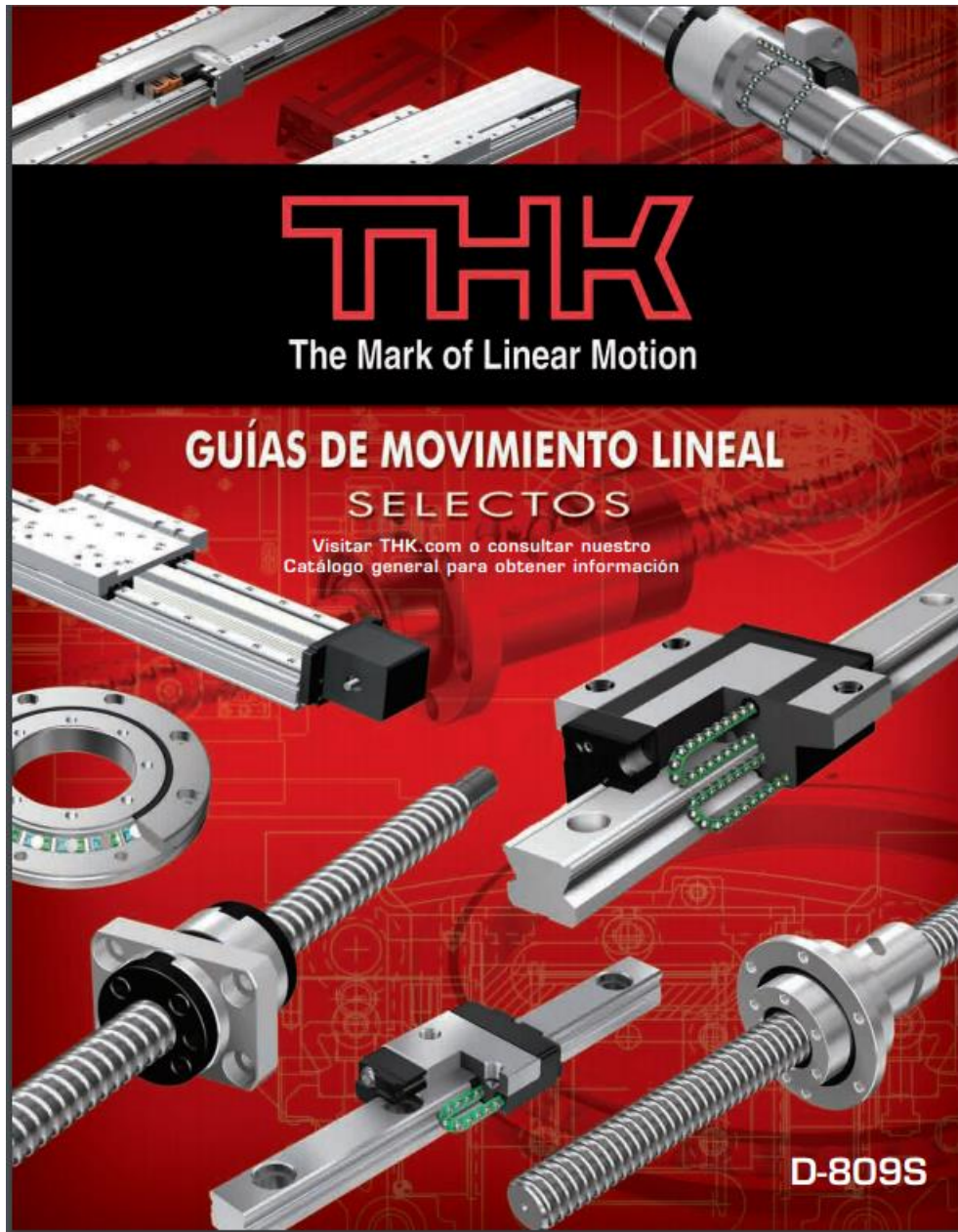


Figura 51 Catalogo THK D-809S