



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN MEDIO DE CONTROL POR MMC DE UN MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
INGENIERO MECATRÓNICO

P R E S E N T A
ILICH VLADIMIR FRANCO DÍAZ

ASESOR DE INFORME
M.C. FRANCISCO BERNAL URUCHURTU



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo, es el resultado de una serie de decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, decisiones que de una u otra manera han afectado a diversas personas en mi camino, a unos más que otros, y a todos en distinto grado, esta primera parte del trabajo escrito que he presentado a la Universidad es para dedicar unas palabras a esas personas e instituciones que aportaron algo para que hoy yo entregue este trabajo.

Empezando por la institución responsable de mi formación profesional, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, me ha dado muchos más que solo clases y prácticas, me ha dejado una experiencia de un valor incalculable, que a mi parecer me han preparado de una forma excepcional para la vida fuera de la institución, las experiencias vividas en los salones, con las tareas, los proyectos, los debates y experimentos realizados, el desarrollo de nuevas ideas, las fiestas vividas, hasta el deporte practicado, todo en su conjunto me ha preparado de alguna u otra forma para que al momento de salir a la realidad laboral del país, me sea más fácil adaptarme y hoy puedo decir que en mi primer experiencia laboral así ha sido, gracias F.I. por todo este conjunto de bienes que me has dado, gracias UNAM por brindarme una carrera de tan alto nivel de la cual saque el mayor provecho que pude, agradezco haber estado en el Campus de Ciudad Universitaria que me dio tantas experiencias tan placenteras como la convivencia con gente de tantas carreras e incluso países con distintos puntos de vista y formas de ver la vida. Me comprometo a que en medida de mis posibilidades tratare de retribuirle una parte de lo que me dio, de alguna forma.

A mis profesores, este grupo de personas cuya mayor fuente de sabiduría a mi parecer no se encuentra en el conocimiento técnico que tienen sobre la ingeniería, yo considero que su mayor aporte hacia mí y el resto de mis compañeros es enseñarnos a pensar como ingenieros y como seres humanos en un mundo físico con reglas y leyes físicas que lo rigen, enseñarnos a razonar los problemas y buscar soluciones donde no parecería tan obvio. Ellos me han enseñado que la ingeniería es mucho más que solo ser bueno resolviendo cálculos, es optimizar, adecuar resultados a un mundo físico, económico y globalizado que exige mucho más de un ingeniero como parte de su formación, agradezco a todos mis profesores, demasiados para enlistarlos, los maestros con los que me entendí bastante bien y aquellos con los que no, porque hasta ellos me han dejado valiosas lecciones.

A continuación debo agradecer a la empresa que me ha brindado la oportunidad de llevar a cabo este proyecto y a las personas de esta empresa que me han dado la confianza para poder realizar el proyecto que hoy me permite alcanzar el título, he tratado de responder a esas personas de la mejor manera posible, a mi asesor del Informe, Francisco Bernal, a mi Jefe directo Jose Jiménez cuya valiosa guía y experiencia me permitió terminar de la mejor manera este trabajo, así mismo a Martín Castañeda y Enrique Bernal, de quienes recibí valioso consejos y apoyo, en general a todo el departamento de diseño y que siempre han mostrado disposición para apoyarme en muchos aspectos del día a día en este trabajo.

Un valioso aliado durante mi carrera fue el grupo de amigos que forme a lo largo de cinco años e innumerables experiencias que la Facultad, la UNAM, y mis maestros me permitieron vivir. Imposible nombrar a todos los compañeros de quien obtuve valioso apoyo y con quienes fuimos aprendiendo valiosas lecciones juntos y están también esas personas que junto conmigo crecimos en muchos aspectos nos

volvimos como hermanos pero lo más importante nos volvimos ingenieros, cada quien, como en todo, ha tomado su camino hoy, pero la historia en esta facultad nos unirá por siempre nos ha unido, parte del trabajo lo dedico a Gina, Majo, Picazo, Pancho, Roger, Rose, Rodrigo y Víctor cada uno a su manera ha hecho que tenga distintas experiencias tanto dentro como fuera de la facultad y podría decir que cada uno contribuyo en algún medida a que yo hoy pueda decir que soy ingeniero.

Para cerrar este capítulo, quiero dedicar unas líneas a mi familia, la razón fundamental del porque puede alguien leer hoy este trabajo, ellos fueron responsable no solo de que yo cursara esta carrera y lograra terminarla satisfactoriamente, son responsables de toda una vida de logros académicos, de enseñanzas, de valores, en fin, todo lo que fui capaz de lograr lo debo a esas personas que yo llamo, mis abuelos, mis tíos y primos, me han dado mucho soporte en muchas cosas y les estaré de por vida agradecido.

Mis papas, esas dos personas que han logrado tanto en la vida, que me han puesto en este camino, cuyo ejemplo es mi principal motor para continuar adelante y seguir superando metas, pues ellos me han enseñado que los sueños solo mueren cuando se deja de luchar por ellos, desde siempre, cada logro, grande o pequeño que yo haya tenido lleva su marca, este no es la excepción, yo sé que la mejor manera de retribuirles, es haciendo de mí una mejor persona, que busca lo que quiere y lucha por conseguirlo y aun hay muchas cosas que ignoro en esta vida pero de lo que estoy cien por ciento seguro, es que con ellos a mi lado lo voy a lograr.

Vladimir Franco

21 - Jul - 16

ÍNDICE DE CONTENIDO

I	Objetivo	6
II	Introducción	6
III	Mi trabajo en BOCAR®	8
i	Historia	8
ii	Giro actual	10
iii	Visión, Valores, BPS	11
iv	El Taller Mecánico	13
1	El departamento de diseño	16
v	Descripción del puesto	17
vi	Mis responsabilidades como diseñador del T.M.....	18
IV	Antecedentes	20
i	El diseño mecánico	20
ii	Selección de materiales para el diseño	21
iii	La Mesa de Medición por Coordenadas (MMC)	25
V	Definición del problema	29
i	Los clientes del taller mecánico	29
ii	Descripción del proyecto seleccionado.....	30
iii	El cliente: Departamento de calidad y metrología de BOCAR®	30
iv	Definiendo el problema de los medios de control.....	31
VI	Metodología de diseño del Taller Mecánico.....	32
i	La metodología seleccionada.	32
ii	La necesidad, las especificaciones, limitaciones y consideraciones del cliente.....	35
iii	Generación del concepto inicial.	38
iv	Análisis y optimización del diseño.....	53
v	Evaluación del concepto.....	56
vi	Iteraciones y liberación del diseño.....	60
vii	Los planos de fabricación.	65
viii	El dispositivo fabricado y liberado	68
VII	Conclusiones.....	70
VIII	Anexos	72
IX	Bibliografía y referencias.....	78
i	Índice de Ilustraciones.....	78

I Objetivo

El presente documento tiene la finalidad de reportar el trabajo realizado, en la empresa BOCAR® GROUP para el área de diseño del taller mecánico de la planta de BOCAR® ENSAMBLE COYOACÁN en la cual se llevan a cabo muchas actividades de índole ingenieril que serán descritas más adelante, también se hará una breve descripción del conjunto de actividades que son mi responsabilidad como diseñador de herramientas.

El trabajo contiene también una descripción de la ingeniería aplicada a los diseños que se desarrollan en el área y como los conocimientos adquiridos en la facultad apoyan el día a día de esta actividad.

El lector tendrá un acercamiento a los procesos y forma de trabajo de una empresa de manufactura automotriz y más a fondo de un taller mecánico que con diversas técnicas y tecnologías se ha especializado en el diseño y fabricación de herramental necesario para la actividad que en este tipo de empresas se llevan a cabo.

II Introducción

El ingeniero Mecatrónico está preparado para enfrentar la mayoría de retos que se presentan en las áreas de Mecánica, Electrónica o Sistemas, sin embargo, al momento de enfrentarse al campo laboral es necesario que el profesionista se especialice en algún ramo, que trate de concentrar más conocimiento en cierta área o técnica de la ingeniería. Todas y cada una de las materias que se cursaron en la facultad, le han dado al ingeniero herramientas para resolver la mayor parte de los problemas a los que se enfrenta de manera técnica y humanística; el reto del ingeniero está en usar y combinar esas herramientas para lograr soluciones que involucren aspectos como: eficiencia, eficacia, robustez, producción, mantenimiento, todo con el menor costo posible.

Otro aspecto que el ingeniero debe dominar es lograr transmitir apropiadamente el resultado de sus investigaciones, cálculos, diseños o ideas, apropiadamente a aquella persona o grupo de personas que vayan a procesar la información respecto a aquello que es parte de nuestro proyecto.

Esta es una parte complicada de la profesión de un ingeniero ya que es fundamental que la transmisión de la información sea totalmente clara y confiable y en muchos casos deben considerarse otros aspectos que en una primera instancia no se había hecho, pero que en la implementación son necesarios.

Una mala transmisión de la información a cualquier nivel puede significar mucho riesgo; confundir datos, malinterpretarlos o simplemente ignorarlos puede llevar a una interpretación errónea del diseño de ingeniería con consecuencias como el mal funcionamiento, el mal servicio, baja eficiencia y, en el peor de los casos un accidente.

El proceso de diseño es parte de la vida de un ingeniero, pues lo que se hace al resolver las distintas problemáticas es diseñar soluciones de acuerdo a factores que siempre están presentes en él. Adaptar una solución viable a tales necesidades y restricciones es el trabajo de ingeniería para la cual los conocimientos adquiridos en la facultad nos han dado herramientas basadas en datos y cálculos que nos permitirán encontrar una solución total al problema que el proyecto involucra con la viabilidad de poder hacer mejoras siempre.

El proceso de diseño es tan importante que a lo largo de la historia el humano lo ha usado para todo tipo de actividades, incluso inconscientemente; Diseñar es una actividad que está en la naturaleza humana y es la única especie animal que lo hace. Como resultado de esto se han creado metodologías del diseño que han llevado a grandes inventos alrededor del mundo. Muchas empresas de diversas áreas como tecnología, manufactura, investigación, arquitectura, construcción, etc..., han desarrollado procesos estándares de diseño que les permiten tener varias ventajas, entre las que se numeran, un control de la investigación, de la información que muchas veces es clasificada, desarrollar estándares y parámetros de medición, manejar costos y tiempos así como el intercambio constante de información de los departamentos competentes.

En el presente trabajo se describe el proceso de diseño que se usa en el Taller Mecánico de la planta de BOCAR ENSAMBLE®, cómo se plantea una necesidad y de dónde surge así como los factores que se toman en cuenta para determinar las especificaciones y limitaciones del producto. Se analizará cómo el ingeniero une todos los aspectos relevantes en la orden del cliente y aplica su conocimiento para poder conceptualizar una solución que posteriormente se convertirá en el diseño de algún herramental que solucionará las necesidades del cliente y en ciertos casos excederá éstas. El trabajo que aquí se desarrolla involucra a mucha gente: técnicos, ingenieros, licenciados, operadores, etc..., es por eso que el ingeniero de diseño debe saber cómo relacionarse y tomar la información necesaria de cada uno de ellos para poder generar un diseño que asegure una solución óptima.

Además de comprender como es el proceso y que se hace en cada paso del diseño dentro del departamento etc..., se analizará un caso práctico que involucra a los departamentos de calidad y metrología de la planta AUMA en Lerma, quienes requirieron un dispositivo de sujeción como medio de control de medición para una mesa de medición por coordenadas (MMC). Se describe entonces todo el proceso desde que llega la orden de trabajo sobre el diseño al ingeniero responsable, en este caso yo, hasta la fabricación y ajuste del dispositivo, pasando por la generación de conceptos, los cambios, etc..., así como la forma en que los conocimientos y experiencia del diseñador afectan la toma de decisiones;

cómo el trabajo y consulta con otros diseñadores llevan a un concepto que es totalmente funcional para las piezas requeridas y que por lo tanto cubren la necesidad planteada por el cliente.

También en este trabajo se enumeran los problemas y retos que se presentan normalmente en un proceso de diseño, en el diseño del dispositivo en específico y por supuesto la forma en que se enfrentan los problemas y la manera en que se desarrolla una solución.

“El diseñar según una especificación de confiabilidad o para exceder valores mínimos especificados y con miras a una meta de control de calidad ayudará a lograr un diseño sin problemas de responsabilidad legal (Joseph Edward, 2001) y es que generalmente el diseñador debe observar muchos factores que pueden poner en riesgo la seguridad y el éxito del proyecto. Es nuestro trabajo prevenir las fallas, pensando en las posibilidades de que éstas sucedan por más absurdos que los escenarios parezcan.

A continuación veremos cómo en el taller mecánico de BOCAR ENSAMBLE se lleva a cabo este proceso de diseño y cómo se hace frente a las dificultades que implica el diseño de herramientas.

III Mi trabajo en BOCAR®

i Historia

NOMBRE: BOCAR S.A. de C.V.

LOGO:



Ilustración III-1 LOGOTIPO DE BOCAR GROUP

HISTORIA:

BOCAR® Group se estableció en 1958 en la ciudad de México, originalmente bajo el nombre de AFISA una empresa que inició con unos tornos de precisión, y que posteriormente se especializó en la comercialización de máquinas y herramientas en México (un país en los inicios de esta industria)

originalmente hacia bombas y carburadores para algunas de las marcas de automóviles como VW, MOPAR y FORD ya que estas marcas entre otras, adquirieron una confianza para invertir en la mano de obra e ingeniería Mexicana.

En 1967 nace AUMA que se dedicó al giro de piezas troqueladas y fundición a presión que entonces se volvió un ramo muy solicitado de la industria automotriz por la facilidad de uso de las piezas de aluminio. En 1971 se gesta el inicio de KOSBA, empresa dedicada a la inyección de plásticos para la creación de componentes eléctricos y switches que eran usados en los automóviles. Así en 1976 se materializa la unión de estas empresas para formalizar la integración de lo que hoy se conoce como “BOCAR Group”

Así pues este nuevo grupo con la experiencia adquirida emprende un nuevo camino en la manufactura de partes de automoviles, BOCAR GROUP se sigue consolidando y en 1985 adquiere ATSUGI MEXICANA, entonces ubicada en Lerma, Estado de México, marcando el inicio de importantes alianzas como la que se creó con MITSUBISHI y BOSCH, esto permite abrir una planta en Chihuahua, hecho que abre la puerta a Estados Unidos a BOCAR Group, un movimiento clave sin duda ya que permite conseguir a la marca FORD como cliente, diversificando su cartera de clientes, ya que hasta entonces el 80% de la producción del grupo era para una sola marca.

Así BOCAR Group empezó a tener relaciones con más socios como NISSAN, HONDA, esto le permite posicionar oficinas en otras partes del mundo como Detroit, en Estados Unidos, para poder tener un contacto más directo con la mayoría de sus clientes.

Finalmente en 1991 surge PLASTIC TEC en Lerma, Estado de México que se especializa en partes de plástico para automóviles.

El nuevo milenio representó una importante serie de acuerdos y nuevos clientes con empresas como AUDI, DELPHI CHRYSLER, GM, TOYOTA, FIAT MAZDA, etc... lo que los ha llevado a posicionarse como una empresa referente de la calidad e ingeniería mexicana.

Hoy cuenta con tres divisiones de negocio estratégico, sirviendo principalmente a la industria automotriz internacional.

- BOCAR SERVICIOS

- AUMA

- PLASTIC TEC

Fuente: (C.V., 2015)

La empresa en la que se elaboró este reporte es BOCAR SERVICIOS específicamente en el taller mecánico de la planta de Coyoacán.

ii Giro actual

Actualmente la empresa trabaja con varios de los líderes mundiales en automotores, compañías como VW, BMW, FIAT, MAZDA, BORG WARNER etc... esto lo ha logrado gracias al compromiso que se ha impuesto para con sus clientes de excelencia en sus entregas en su calidad y sus tiempos. Todo esto gracias a los sistemas de procesos que maneja, los valores y la visión que se ha planteado, las constantes capacitaciones a sus empleados y las fuertes inversiones que hace en tecnología.

Actualmente las tres divisiones de Bocar trabajan partes como COVER VTC, holdings, oil pan, Manifold intake, sistemas de ventilación, parrillas, cobertores, etc... son muchas las piezas que trabaja y a su vez muchas las piezas que comercializa con sus proveedores. Trabaja desde la fundición de los lingotes de aluminio hasta el ensamble de partes de aluminio y plástico principalmente.

La empresa cuenta con aproximadamente 6,000 trabajadores distribuidos en las 10 plantas que tiene alrededor del país y en sus oficinas en el extranjero.

iii Visión, Valores, BPS

BOCAR® como empresa de manufactura, se enfrenta con diversos retos de muchos tipos en cuanto a la producción de las autopartes, uno de los principales, podría considerarse que es cómo va a lograr los procesos de manufactura en las piezas que va a fabricar, desde re-trabajos (trabajos extras en las piezas para facilitar proceso), maquinados, barrenados, fresado, ensamble de diversas piezas como o-rings, balines, tubos, sellos, etc..., todos estos procesos bajo un control de tiempos “takt-time”¹ lo que implica que se tenga una serie de dispositivos que estén bajo los principios del SMED² para poder ser lo más eficiente posible en los procesos de cualquier índole. De esta premisa surge la necesidad de tener dispositivos específicos para las necesidades de cada proceso, es decir que el enfoque aquí es analizar que es más conveniente si reutilizar un dispositivo para alguna otra pieza y adaptarlo a ésta, ya que existen piezas nuevas que son versiones con muy pocas alteraciones de las piezas pasadas o es más viable el diseñar alguno nuevo que se ajuste a las necesidades específicas del producto y represente menor costo por mala ergonomía, ajustes incorrectos, dañar las piezas, ensamble erróneos, es importante recordar que estamos hablando de miles de piezas al día por lo que garantizar repetibilidad y facilidad en el proceso es fundamental así como un dispositivo de uso sencillo y que no canse al operador a lo largo de la jornada. BOCAR GROUP®, toma muy en serio los principios del SMED, lean process³, ergonomía, 5’s⁴ etc... como guía para la fabricación de los dispositivos, el diseño de los layouts, el orden de los procesos, etc...

Igual de importante son dentro de la empresa los valores que busca desarrollar para su organización y bajo los cuales se guiará para desarrollar todas las demás partes de la corporación.

¹ TAKT-TIME: Palabra de origen Alemán que significa “tiempo ritmo” es un método de trabajo de la filosofía Lean que marca el ritmo de trabajo en la producción de algo.

² SMED: Del Inglés Single Minute Exchange of Die (Cambio en un minuto de Dado) de la filosofía Lean se refiere al cambio simple y rápido de las herramientas de trabajo.

³ Lean Procesos: Proceso Esbelto, se refiere a procesos donde se aplican principios Lean como las 5’s

⁴ Seiri: Clasificar, Seiton: Ordenar, Seiso: Limpiar, Seiketsu: Estandarizar, Shitsuke: Mantener

Estos son:

Tabla III-1 VALORES BOCAR DIFINIDOS POR LA COMPAÑIA

PUNTUALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimos todos nuestros compromisos a tiempo. • Somos confiables y predicamos con el ejemplo.
RESPECTO	<ul style="list-style-type: none"> • Respetamos al personal de todos los niveles, no hay distinción o maltrato. • Respetamos las leyes, regulaciones y estándares poniendo en primer lugar la seguridad, el medio ambiente, la salud y la ergonomía.
CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Dedicamos todo nuestro tiempo y esfuerzo para anticipar, satisfacer y exceder las necesidades y expectativas de nuestros clientes. • La calidad no se controla ni se supervisa: Se produce. • Hacemos siempre las cosas bien desde la primera vez. • No recibo, no hago y no paso defectos. • Seguimos las 5S, trabajamos en equipo y tenemos actitud de servicio.
MEJORA CONTINUA	<ul style="list-style-type: none"> • Escuchamos, vamos, vemos y actuamos decididamente. • Estandarizamos las prácticas, buscamos la mejora continua en el trabajo diario y nunca estamos satisfechos. • Nos enfocamos en lo que agrega valor y eliminamos desperdicios.
COSAS SIMPLES	<ul style="list-style-type: none"> • Nos caracterizamos por nuestra sencillez, honestidad y lealtad. • Hacemos las cosas simples y realizamos nuestras tareas de manera precisa, práctica y sin complejidad.
ENTUSIASMO	<ul style="list-style-type: none"> • Tenemos rapidez en acción, trabajamos con entusiasmo y determinación para lograr que las cosas sucedan. • Todos tenemos potencial y debemos motivar, desarrollar, atender, guiar y escuchar las necesidades del personal a nuestro cargo.

La empresa tiene definido a qué se refiere con cada uno de los valores para que los empleados y clientes tengan más claro cómo se aplican y cómo afectan el funcionamiento de la empresa. Así se define la pirámide BOCAR que establece el nivel de los principios que establece la organización:



Ilustración III-2 Pirámide BOCAR

iv El Taller Mecánico

Al tratarse de una empresa de manufactura de alto nivel, es necesario contar siempre con un lugar especializado para crear, reparar y dar mantenimiento a los distintos herramientas que se usan en la planta de producción, así como aquellos que utilizan distintas áreas como: calidad, metrología, prototipos, mantenimiento, etc... con esta necesidad en sus manos BOCAR GROUP® crea en todas sus plantas un taller mecánico, para mantener sus herramientas y dispositivos en óptimas condiciones, lo que le permite tener procesos controlados y eficientes.

Con el tiempo, llega a ser tal el grado de especialización que consiguen los colaboradores del taller de la planta de Coyoacán que como parte de una estrategia de competitividad se decide tener un taller en el que se creen herramientas a la medida de la empresa y donde se haga la ingeniería necesaria para el funcionamiento correcto de los dispositivos que en el grupo se utilizan. Lo anterior permite un mayor control en la calidad y funcionamiento comparado a un proveedor externo y en cuanto a costos, representa una ventaja ya que al ser parte del grupo el taller funciona más como un facilitador de herramienta que como un proveedor buscando una ganancia en los productos.

Sin embargo BOCAR GROUP® busca que su taller sea rentable en cuanto a costos, por lo que constantemente invierte en nuevas tecnologías y capacitación de su personal para que pueda lograr objetivos afines a los del resto de la empresa.

Actualmente el taller se especializa en tres grandes tipos de herramientas:

1. **MOLDES:** Solicitados por todas las plantas del grupo, se utilizan en la inyección de piezas de aluminio y plástico, son de los herramientas de mayor costo debido a la alta complejidad de diseño, fabricación y ajuste; se llevan a cabo análisis FEM⁵ del fluido a inyectar dentro del molde y con esta información, los diseñadores pueden tomar decisiones sobre el diseño óptimo del molde. A veces se llevan a cabo modificaciones menores solamente sobre moldes ya diseñados previamente por alguna otra compañía, pero la mayor parte del tiempo se solicitan proyectos completos.

⁵ Finite Element Method: Método del Elemento Finito

2. **TROQUELES:** Los troqueles son herramientas fundamentales en la producción de piezas fundidas, ya que permiten separar la parte, que será usada como parte del proceso, de la colada, flash y “cacañuates”. Deben cumplir con cierta vida útil, debe tener piezas fácilmente reemplazables ya que son herramientas sometidas a fuerzas muy grandes y se deben prevenir las fallas y si se llegan a presentar, sean con el menor costo posible.
3. **MEDIOS DE CONTROL:** El departamento de calidad junto con el de metrología en todo el grupo son quienes llevan un control de las piezas que, desde la fundición hasta el ensamble, son procesadas en cada una de las plantas, ellos tienen la responsabilidad de checar los procesos y el resultado de éstos; tienen la capacidad de parar la producción en caso de que alguna pieza o piezas no estén dentro de tolerancia. Para llevar a cabo su trabajo es necesario que se sirvan del uso de herramienta especializada y de alta precisión para un correcto y confiable control en las mediciones y procesos que se llevan a cabo. Estos departamentos solicitan al taller mecánico herramientas que van de acuerdo a sus necesidades específicas y que cumplen cierto propósito que analizaremos más adelante.
4. **MÁQUINAS PARA ENSAMBLE Y PRUEBA DE FUGA:** Se trata de máquinas con una gran cantidad de piezas que son solicitadas para las líneas de producción de varias plantas del grupo, Estas máquinas además de llevar mucho trabajo de diseño también lo llevan en la automatización. Son de los herramientas más complejos que se llevan a cabo en el taller pero también representan los retos más interesantes.
5. **DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN PARA CENTROS DE MAQUINADO:** Son herramientas usados en las máquinas CNC (Control Numérico por Computadora) que se usan en todo el grupo, dado que cada pieza varían en geometría es necesario un dispositivo que funcione específico para ésta y se logre un correcto maquinado. Representan de los dispositivos más rentables por su relación de costo beneficio y por la gran cantidad de dispositivos que se solicitan al taller.
6. **OTRAS REFACCIONES:** Representan el menor número de trabajo del taller, se trata de pequeñas refacciones de piezas que se usan en la planta de Coyoacán y que son encargadas por cualquier departamento, incluso del mismo taller, representan las operaciones de menor tiempo y costo.

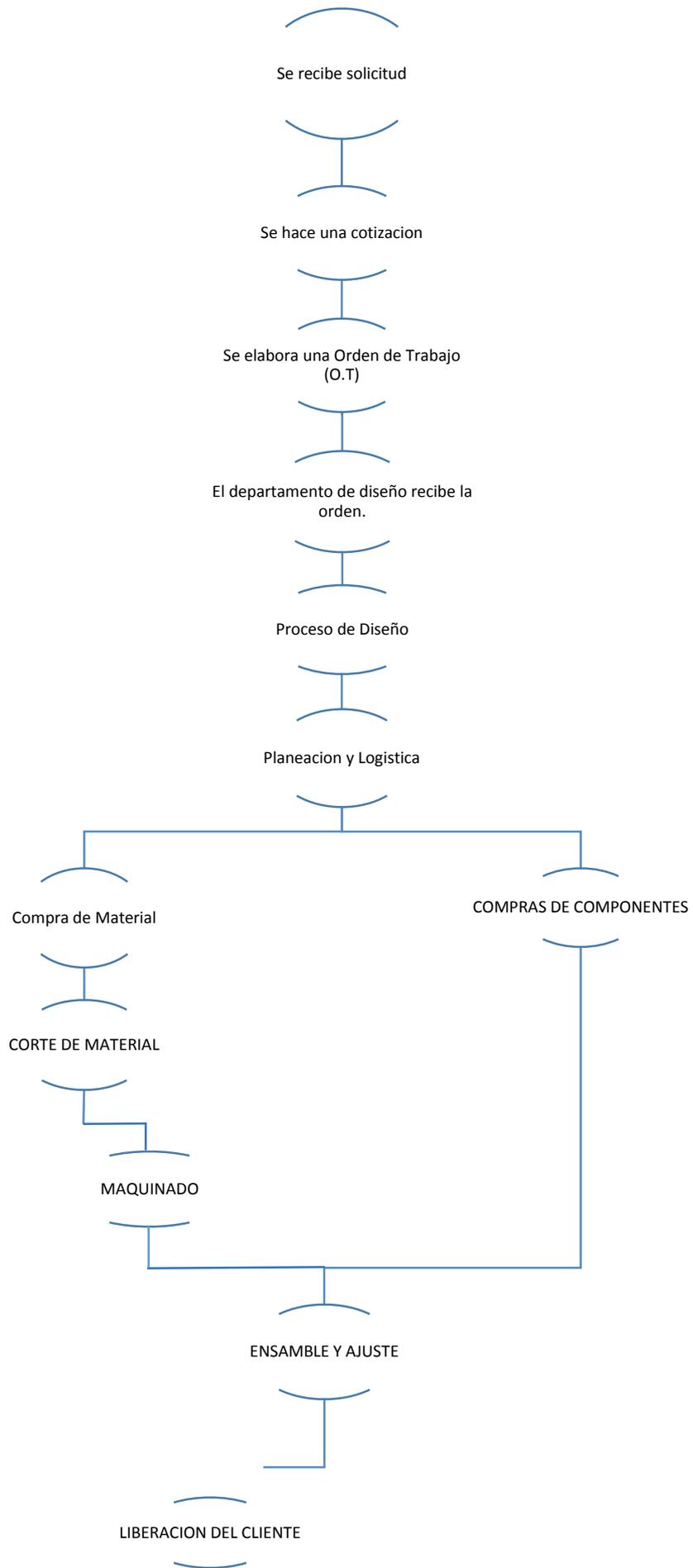


Diagrama III-1 Flujo de trabajo del T.M.

1 El departamento de diseño

Todo proyecto nuevo llega al área de planeación del Taller Mecánico de cualquiera de las otras áreas de la empresa, una vez cotizado y aceptado comienza el desarrollo del proyecto. El departamento de diseño recibe entonces la orden de trabajo (O.T.), en la cual se encuentra toda la información necesaria para realizar el nuevo herramental o en su caso alguna modificación. En esta orden se encuentra quién es el solicitante y a qué área pertenece, así como los detalles de lo que se requiere y para qué pieza es, es decir, contiene el número de producto con el que se va a trabajar. Esto es importante porque como diseñadores debemos estar siempre seguros de que la base de datos (el modelo 3D de la pieza) con la que trabajamos se encuentre a último nivel, es decir que Ingeniería del Producto no haya realizado cambios físicos a la pieza.

Una vez que el departamento de diseño recibe la orden, el jefe del área asigna los proyectos a los diseñadores, dependiendo de la urgencia del trabajo y de su complejidad así como la experiencia propia de cada diseñador.

Este departamento debe mantener una estrecha relación con los clientes de las distintas áreas de la empresa, con los encargados de las distintas áreas de fabricación del taller, desde las áreas de logística y planeación, hasta materiales, maquinado, ajuste etc..., el departamento es responsable por los múltiples procesos que se llevan a cabo dentro del taller ya que es de este departamento de donde salen los planos de fabricación y ensamble que darán trabajo a todo el taller. También el departamento es responsable de mantener la información respaldada y actualizada, es decir, por procedimiento del taller todos los planos de fabricación y ensambles, así como listas de partes que se generen como parte del diseño ya liberado por el cliente deben estar respaldados en un servidor y en distintos formatos como PDF o XLS. También es responsabilidad del departamento mantener visualizadores de los 3D generados así como archivos que puedan ser usados por algunas otras áreas del taller como la de CAM⁶ que usa los modelos 3D para generar los programas para las máquinas CNC con las que cuenta el taller.

Como se puede ver, el departamento de diseño tiene un gran número de responsabilidades a su cargo de las cuales depende mucho el trabajo total del taller.

⁶ Del Inglés Computer Aided Manufacturing: Manufactura Asistida por Computadora | |

v Descripción del puesto

El área de recursos humanos y el taller mecánico, con la finalidad de llevar a cabo una medición de sus colaboradores en cuanto a su desempeño, describe las responsabilidades de un diseñador de herramientas de la siguiente forma:

Tabla III-2 Descripción del puesto

AREA DE RESPONSABILIDAD	NIVEL DE COMPETENCIA	CRITERIO DE MEDICIÓN
Análisis y Diseño: Analizar y estudiar todas las posibilidades existentes para el diseño de un dispositivo y/o herramental según la información general del cliente interno.	COMPLETA	Diseño de dispositivos y/o herramental de acuerdo a lo solicitado por el cliente.
Revisión: Comprobar ideas, dimensiones, normas y especificaciones; asegurando que el diseño sea funcional y que cumpla con las características requeridas por el cliente.	COMPLETA	Determinación de las características óptimas del proyecto
Reportes: Realizar los reportes diarios para el monitoreo del trabajo además de elaborar requisiciones de equipo y accesorios.	COMPLETA	Indicadores para la toma de decisiones, compra de equipos necesarios para la fabricación del herramental.
Manejo de información: Realizar el manejo de información referente al proyecto; recopilando, archivando, actualizando y manejando información técnica con normas y manuales de dibujos y de herramientas.	COMPLETA	Manejo de información referente al proyecto.

ÁREA DE RESPONSABILIDAD	NIVEL DE COMPETENCIA	CRITERIO DE MEDICIÓN
Supervisión. Supervisar y monitorear el ajuste y fabricación de sus herramientas para asegurar que estos cumplan con lo determinado por el cliente y el diseñador.	COMPLETA	Satisfacer las necesidades de los clientes.
Evitar el consumo innecesario de insumos (energía eléctrica, agua, papel, etc...) Disponer los residuos generados en el área (peligrosos, de manejo especial y los inorgánicos y orgánicos) en los contenedores identificados para cada uno. Aplicar la política de administración ambiental en cada una de las actividades que realice. Detener cualquier actividad que ponga en riesgo el medio ambiente. Promover el concepto de reduce, reutiliza y recicla. Promover la mejora	COMPLETA	Indicadores ambientales

vi Mis responsabilidades como diseñador del T.M.

Como se puede ver en el punto anterior son diversas las responsabilidades asignadas a un diseñador, en el taller mecánico, Como se ha visto el departamento de diseño tiene grandes responsabilidades ya que en él se crea la mayor parte del trabajo para las demás áreas, ahí se tiene contacto directo con los clientes y, en muchas ocasiones, con proveedores. Para entender un poco mejor cómo es que un diseñador lleva a cabo sus tareas podemos observar un caso práctico.

Supongamos que el departamento de diseño ha recibido una orden de trabajo por parte de la gerencia de Manufactura de la planta de BOCAR Coyoacán, que ha solicitado una estación de ensamble de balas para una línea que están montando de una Cover VTC de la empresa NISSAN. El jefe del departamento asigna la orden a un diseñador. Lo primero que debe hacer el diseñador es buscar en las carpetas correspondientes las bases de datos (CAD 3D o 2D de las piezas o ensamblajes en cuestión) así pues una vez que localizo la información es recomendable contactar al cliente (cuya información se encuentra en la orden de trabajo) para asegurarse que la base de datos se encuentra a lo que conocemos como

“último nivel” es decir que no haya sufrido cambios en su forma física debido a Ingeniería o ajustes de producción, esto va a garantizar que el herramental sea diseñado para la pieza correcta. En algunas ocasiones los diseñadores solicitan piezas físicas para su etapa de análisis, y para observar ciertas características como el peso o acabado superficial de las piezas. En algunas ocasiones el diseñador conoce de antemano algunos componentes que va a requerir, por lo que puede hacer requisiciones de compra anticipadamente, pero esto a criterio del diseñador y según las especificaciones del cliente. Una vez que el diseñador ha generado el concepto en 3D y después de una comunicación constante con el cliente en la que se discuten varias posibilidades y se analizan componentes y ya que lo ha liberado para su fabricación, es responsabilidad del diseñador platicar con el departamento de ajuste sobre el funcionamiento, secuencia y consideraciones del diseño de la máquina para que ellos, a su vez, lo tengan en cuenta en sus ajustes y programas de automatización y lo que requieran, así como para que puedan empezar a hacer sus pedidos de componentes.

El diseñador entonces debe de hacer los planos de fabricación y de ensamble necesarios en los que especifica ciertos requerimientos del diseño final. Una vez que todos los planos están listos se pasan a revisión con el jefe del taller mecánico si durante este proceso surgen correcciones deben pasar de nuevo al diseñador y realizar las correcciones en los modelos digitales, y si es el caso, volver a imprimir los planos. Ya que pasó las revisiones del jefe del departamento, el diseñador debe enviar los planos al área de planeación y logística desde donde se coordina el pedido de los materiales y de los componentes a los distintos proveedores, en este punto es responsabilidad del diseñador atender dudas de las personas de compras por si necesitan información extra sobre algún componente que ordenaron o en dado caso que el proveedor quiera cambiar el componente ordenado, es el diseñador quien debe aprobar o rechazar este cambio o en su defecto establecer un nuevo componente, es importante que el diseñador mantenga constante comunicación con las demás áreas del taller y esté al tanto de las modificaciones o mejoras que se le implementen al diseño original, así como de corregir los errores o mejoras que durante la fabricación o ajuste puedan haber surgido, esto con la finalidad de mantener en último nivel el diseño del herramental para que la información esté completa para el cliente y además que si en algún momento del futuro se debe volver a usar no presente errores en ninguna fase de la manufactura. Finalmente es responsabilidad del diseñador cumplir con las políticas de información del taller que incluyen mantener respaldos funcionales de los diseños y, a su vez, la información que el resto del taller va a usar como son planos en formatos visibles, listas de partes generales y sub ensambles, además de tabas de barrenos, visualizadores 3D y archivos para el departamento de CAM, etc.

Estas son algunas de las responsabilidades diarias de un diseñador de herramientas, es por eso que como responsabilidad fundamental está el ser organizado en todo lo que hace, pensar que él es el único que conoce el conjunto del diseño y cómo hacer que sea claro para todos los demás desde quien lo fabrica hasta el cliente.

IV Antecedentes

i El diseño mecánico

Para el diseño mecánico que es como se le conoce al proceso que usan los ingenieros para el desarrollo de algún proyecto Joseph Edward y Charles R. mencionan en su libro “Diseño en ingeniería Mecánica” (Joseph Edward, 2001) que “*Diseñar* es formular un plan para satisfacer una demanda humana”. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede estar completamente bien definida desde el principio.

En este punto surge el término *necesidad* que es lo que va a desencadenar todo el trabajo posterior del diseño, la necesidad de hacer surgir algo con un propósito es lo que lleva a los diseñadores a desarrollar una idea o ideas basadas en ciertas teorías y cálculos. Es aquí donde empieza el proceso de diseño, en este caso mecánico, hablando de la necesidad ésta no siempre está bien definida a manera de que el diseñador la entienda totalmente. Aunque sabemos que existen muchos tipos de diseño en todos existen características propias, pero hay algo que los caracteriza a todos y es que a diferencia de los problemas matemáticos por ejemplo, los problemas de diseño no tienen una sola respuesta correcta en todos los casos; por ejemplo sería absurdo exigir la “respuesta correcta” a un problema de diseño, porque no existe tal cosa. Y es que la solución que se da en tal o cual momento depende de tantos factores como la tecnología disponible, la experiencia, el conocimiento general, el tiempo, los recursos, etc..., que hace imposible aseverar que es el diseño “perfecto” de una solución, en cambio existen preguntas que nos podemos hacer para determinar qué tan efectivo es el diseño propuesto, preguntas como:

¿El diseño ataca la necesidad real?

¿El diseño es realista en cuanto a las condiciones que rodean el problema?

¿El desarrollo del diseño es alcanzable?

¿Tiene alguna oportunidad de mejora?

Entre otras que pueden surgir de acuerdo a la naturaleza del diseño. Las preguntas e indicadores nos permiten saber si el diseño es funcional.

La necesidad no siempre está del todo clara así como cuáles son las restricciones que tenemos, claro hasta que nos topamos con ellas, una restricción muy común es el presupuesto asignado a un proyecto del cual depende mucho el diseño final, también se puede considerar una restricción el peso de alguna pieza, este nos va a llevar a tomar una u otra decisión en la solución que asignemos por ejemplo a un soporte una columna o base, pueden existir un gran número de restricciones, pero hay que tener cuidado y no plantear restricciones en donde probablemente no existen.

Un problema de diseño no es un problema hipotético en absoluto. Todo diseño tiene un propósito concreto: *la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación de algo que tiene realidad física*. En ingeniería, el término *Diseño* puede tener diferentes significados para distintas personas. Algunos considerarían al diseñador como el técnico que dibuja en todos sus detalles un engrane, un embrague u otros elementos de una máquina. Otros creen que el diseño es la creación de un sistema complejo, como una red de comunicaciones. En algunas ramas de la ingeniería el término diseño ha sido sustituido por denominaciones como *ingeniería de sistemas o aplicaciones de la teoría de decisiones*. Pero no importa que palabras se usen para describir la función de diseñar; en ingeniería es también el proceso en el que se utilizan principios científicos y métodos técnicos (matemáticos, CAD, CAE, CAM, métodos gráficos y lenguaje común) para llevar a cabo un plan que satisfará ciertas necesidades o demanda. (Joseph Edward, 2001)

Finalmente tenemos que el *diseño mecánico* se puede considerar como el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica: máquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales y la ciencia mecánica aplicada. El diseño en ingeniería mecánica incluye el diseño mecánico, pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos. Aparte de las ciencias fundamentales que se requieren, las bases del diseño en ingeniería mecánica son las mismas que las del diseño mecánico (Joseph Edward, 2001) y, por consiguiente, tal es el enfoque que se utilizara para este reporte.

ii Selección de materiales para el diseño

En diseño, la selección de materiales es un aspecto fundamental de la toma de decisiones que un diseñador debe hacer si la forma de la pieza y la interacción de los mecanismos es la primera parte del diseño. Podría decirse que seleccionar el material es un arte, la cantidad de factores que deben

tomarse en cuenta, además de la teoría mecánica de los materiales, es muy grande por lo que se debe ser muy cuidadoso en este aspecto.

Joseph Edward y Charles R. recomiendan en su libro *Diseño en Ingeniería Mecánica* (Joseph Edward, 2001) tomar algunos de los siguientes factores en cuenta para la selección de materiales.

- Resistencia
- Seguridad
- Confiabilidad
- Peso
- Propiedades térmicas
- Duración
- Corrosión
- Forma
- Desgaste
- Tamaño
- Fricción
- Flexibilidad
- Procesamiento
- Acabado superficiales
- Utilidad
- Mantenimiento
- Costo

Por supuesto los factores deben seleccionarse de acuerdo al criterio de cada diseñador, quien debe tomar en cuenta la opinión y experiencia de la gente de maquinado, ajuste, planeación, incluso compras. De esta manera es como sucede en el taller mecánico, el diseñador está en constante comunicación con las demás áreas para elegir el material en el diseño que cubra de la mejor manera estos factores.

En una empresa para tratar de minimizar costos en los procesos es importante tener en cuenta siempre trabajar con medidas estándar y aplicando los principios de lean manufacturing, es decir menor tiempo de maquinado, menor el costo del producto, esto se logra si el diseñador es capaz de generar soluciones que den la posibilidad a maquinado y otras áreas de invertir menos tiempo en cada pieza.

Como veremos más adelante el diseño mecánico muchas veces y en la mayoría de los casos está regido por normas y códigos, esto permite tener un prototipo con piezas intercambiables, así como que conseguir una refacción se facilite. Una norma o estándar es un conjunto de especificaciones para piezas, materiales o procesos establecidos con el fin de lograr uniformidad, eficiencia y calidad específicas. Existen un gran número de sociedades y organizaciones que se han encargado de generar estas normas y códigos basándose en profundos estudios de todo tipo. Hay sociedades que se especializan en ciertas cosas como las manufactureras de acero, aluminio, las de pruebas de resistencia de materiales, las mediciones etc..., En este reporte analizaremos la norma DIN que es en su gran mayoría con la que trabaja el taller mecánico para el diseño, fabricación e incluso compras del departamento. Por eso es importante conocer un poco de ésta y sus principales características:



Ilustración IV-1 Logotipo de la DIN

De las siglas en Alemán Deutsches Institut für Normung que significa Instituto Alemán de Normalización es una institución miembro de la Organización Internacional de Estándares (ISO) donde está registrada como una organización privada sin fines de lucro. Por acuerdo con el gobierno Alemán la DIN es el organismo que representa los intereses de Alemania en cuanto a estándares se refiere y por esto sus miembros provienen de la industria, asociaciones, autoridades públicas y de comercio, así como de algunas instituciones de investigación. Fundada en 1917 como la “Asociación de Estándares de la industria alemana” tiene una larga experiencia en el ramo de estandarización y normalización de procesos, materiales, herramientas, medidas, etc..., que han permitido que la industria crezca dadas las ventajas de tener un sistema estándar para la ingeniería mecánica. Dentro de los objetivos con los que cumple el DIN están: Asegurarse de que sean tomados en cuenta todos los interesados independientemente de la posición económica que ocupen y sus habilidades con el manejo del idioma, promover el libre movimiento de los bienes que proporciona la organización a través de una activa participación en la estandarización internacional y europea, adoptar y ajustar los estándares europeos e internacionales a los nacionales, mantener una consistencia y uniformidad en sus estándares, mantener

actualizados las normas y estándares de acuerdo a las nuevas tecnologías y conocimientos que vayan surgiendo, optimizar continuamente la infraestructura electrónica del estado del arte para el desarrollo de estándares con el fin de hacer que los estándares trabajen más fácilmente para los expertos, evitar la duplicación del trabajo, etc, Esto es un poco de lo que hace la DIN, el taller mecánico al tener una estrecha relación con la ingeniería Alemana es la norma que maneja en su mayoría de herramientas, esto le da muchas ventajas y es un punto muy importante a tomar en cuenta para la selección de materiales que estos cumplan con las normas y estándares que se especifican y que desde diseño se tomaron en cuenta.

Consideraciones de esfuerzo y resistencia.

La resistencia es una propiedad de un material o de un elemento mecánico. La resistencia de un elemento depende de la elección, tratamiento y manufactura del material. Considérese, por ejemplo una remesa de 1000 resortes. Se puede asociar una resistencia S_i al resorte *i-ésimo*. Cuando este resorte se utiliza en un mecanismo o una máquina, se aplican fuerzas externas que originan esfuerzos en el resorte, cuya magnitud depende de la configuración y es independiente del material y de su procesamiento. Si el resorte se retira de la maquina al desarmarla, el esfuerzo debido a las fuerzas externas se reduce a cero, el valor que tenía antes de su instalación. Pero la resistencia S_i permanece como una de las propiedades del resorte. Recuérdese, entonces, que la *resistencia* es una propiedad inherente de un elemento, propiedad integrada en la pieza debido al uso de un material y un proceso particulares. Algunos procesos de labrado de metales y de tratamiento térmico como forja, laminado o rolado y conformado en frío, causan variaciones de la resistencia de punto a punto de todo el elemento. Por consiguiente recuérdese, también que un valor de resistencia dado para una pieza puede aplicarse a solo un punto o a un conjunto de puntos en particular sobre la parte o pieza en cuestión. (Joseph Edward, 2001)

Uno de los problemas básicos al tratar con esfuerzos y resistencia es la forma de relacionar los dos conceptos a fin de crear un diseño seguro, económico y eficiente. Al estudiar este problema será útil examinar cómo se aplica esta relación en una rama particular del diseño en ingeniería. El American Institute of Steel Construction (AISC) que se fundó en 1921, es una sociedad no lucrativa cuyos objetivos son mejorar y promover el uso del acero estructural. Este instituto realiza investigaciones y constantes pruebas para realizar sus publicaciones de normas sobre aceros, sus propiedades, sus composiciones, consideraciones etc..., las normas que la AISC publica son en las que se basan los diseñadores del taller mecánico, también consideran otras para algunos casos especiales pero la mayoría de los materiales que se seleccionan vienen de estas normas, además esto le permite a los diseñadores homologar su selección de materiales ya que los aceros regidos por la AISC siempre tienen las mismas propiedades lo que permite un diseño más rápido, ya que si se conocen las propiedades del acero elegido se puede

crear una solución acorde a éstas y que garanticen el funcionamiento del herramental, con materiales estándar se tiene un comportamiento conocido para cierto tipo de carga cuya proporción y distribución muy rara veces varía de lo que ya se ha venido trabajando en el taller mecánico por años.

Un aspecto importante que hay que mencionar de los materiales del taller mecánico, es que no se trabaja el plástico, en realidad el único polímero que se trabaja es el nylamid. Todas las demás partes de plástico que se vayan a usar en un herramental son generalmente de algún proveedor y que el diseñador ha solicitado de algún catálogo.

Finalmente algo que se debe entender es que algunas veces el diseño así como los materiales que lo componen se define por factores como costos de materiales, disponibilidad del material, tipo de maquinado e incluso tiempos de entrega del mismo. En este punto se debe entender que no para todas y cada una de las piezas se lleva un análisis tan profundo de esfuerzos y deformaciones de la pieza.

iii La Mesa de Medición por Coordenadas (MMC)

Una MMC es una máquina de medición de coordenadas que emplea tres componentes móviles que se trasladan a lo largo de guías con recorridos ortogonales. Un operador guía, un palpador alrededor de la pieza para realizar mediciones (x,y,z) del tipo: dimensional, posicional, desviaciones geométricas y mediciones de contorno. Los tipos más comunes para las MMC, son: Cantiléver, Puente, Gantry, Brazo Horizontal, Portal, Puente fijo y Brazo articulado (Ilustración IV-2). Actualmente la industria produce más de 6000 MMCM al año (XspectSolutions, 2007). Debido a la gran diversidad de fabricantes, es posible encontrar diferentes configuraciones para cada tipo de MMC (Anujin, 2007) , como vemos en la Ilustración IV-3 y la Ilustración IV-4. La configuración del bastidor de las CMM depende de la aplicación de las mismas. Dentro de la gran variedad de configuraciones, algunas de ellas sobresalen por su versatilidad como es la tipo puente (Ilustración IV-3) y cantiléver (Ilustración IV-3). Estas dos son las configuraciones de las maquinas MMC que se usan en el grupo y para las cuales se diseñan la mayoría de los dispositivos encargados al taller.

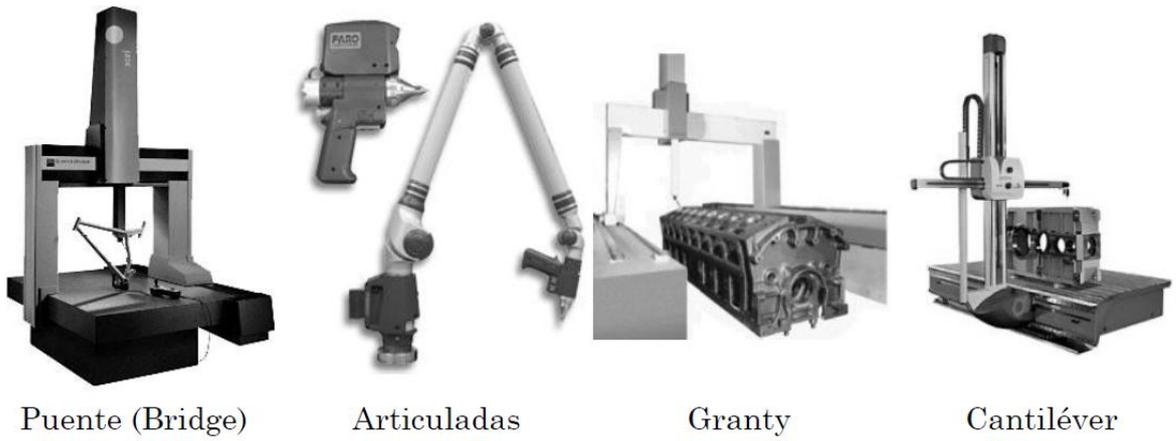


Ilustración IV-2 Tipos de MMC (© Hexagon Metrology, 2006)

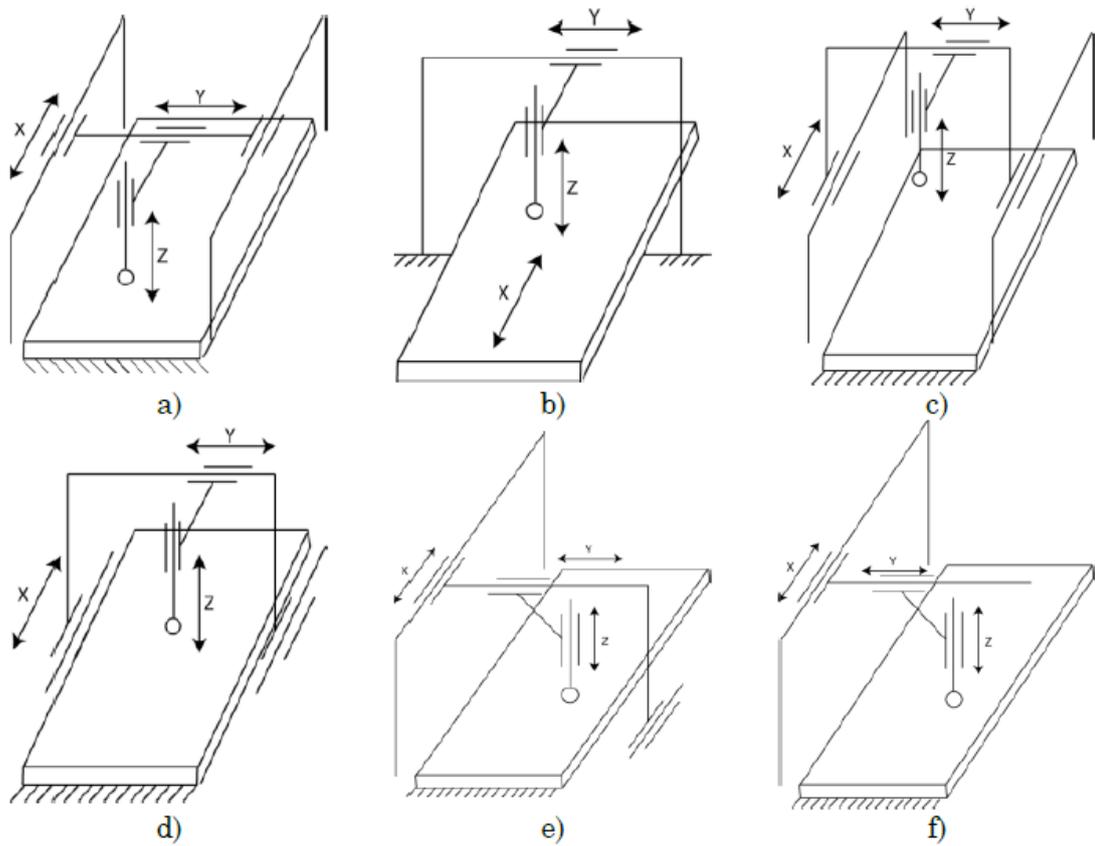


Ilustración IV-3 Configuración de las MMC tipo Puente

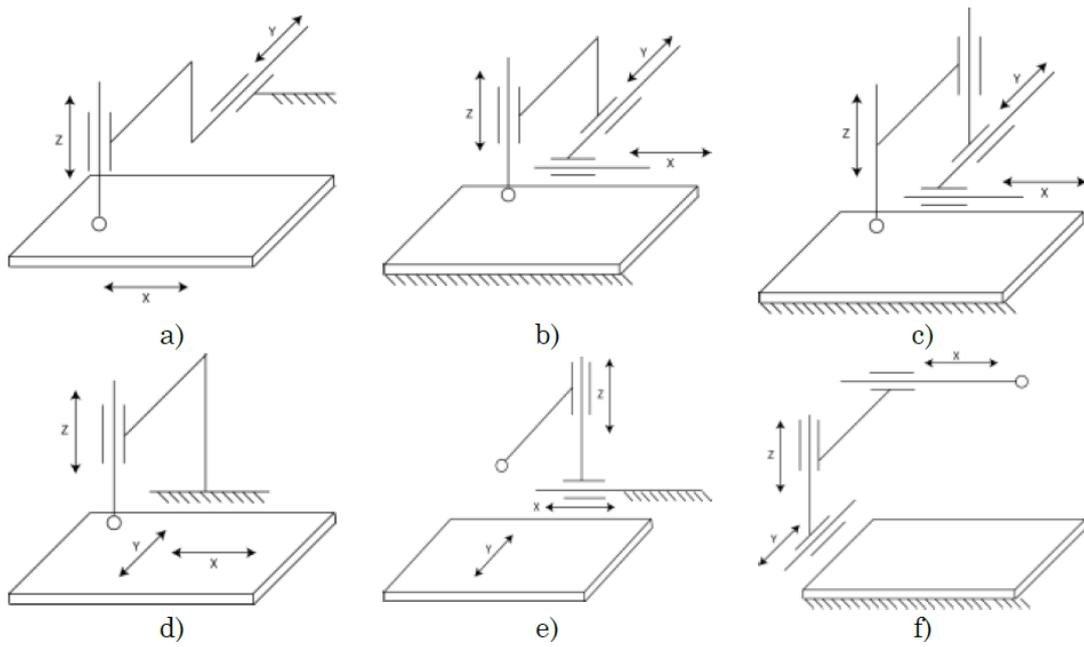


Ilustración IV-4 Configuraciones de las CCM tipo cantiléver

Palpadores

Palpador o punta de contacto sirve para censar superficies, contornos, que en su extremo cuentan con una sección de dimensión conocida muy exacta. Los palpadores pueden ser metálicos, de rubí, o de cerámica y de geometría diversa, en la figura se muestran unos palpadores tipo rubí.

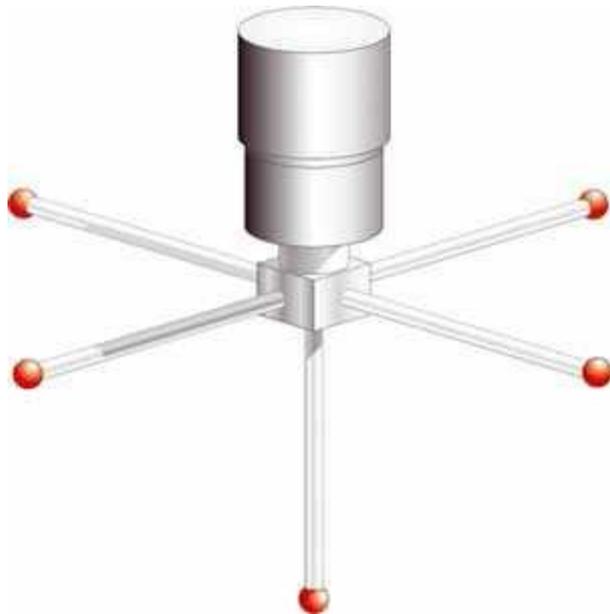


Ilustración IV-5 Configuración de palpador con puntas de Rubí

En la producción de piezas para líneas de ensamble, la calidad del producto no sólo depende de la calidad de las máquinas de herramientas usadas para la fabricación; también depende de la exactitud y de la capacidad de repetición de los dispositivos de medición y de inspección (CMM). Es por eso que en la industria este tipo de mesas es tan requerido, por su tipo fácil operación dado que utiliza programas predeterminados por la gente de metrología y mediante dispositivos de control certificados se logra un correcto control de calidad de la pieza, entiéndase en este caso por calidad que las dimensiones de la pieza a verificar estén dentro de las tolerancias que estableció el cliente.

V Definición del problema

i Los clientes del taller mecánico

Ya anteriormente se ha descrito el tipo de actividad que lleva a cabo BOCAR como empresa de manufactura automotriz y que existen muchas áreas de las que depende este trabajo y que la mayoría de esas áreas son potenciales clientes del taller mecánico, para el presente reporte el área que es cliente del proyecto es el **área de Calidad de la planta de Lerma**, esta área como en todas las demás plantas se apoya del departamento de Metrología, quien es el encargado de que mediante tecnología especializada, verifique las dimensiones físicas de las distintas piezas que se trabajan para las distintas compañías clientes de BOCAR, por ejemplo un cover VTC de NISSAN, un múltiple de admisión para VW o tal vez un Thermo Housing para FORD, todas estas distintas piezas tienen sus formas y su complejidad así como sus medidas a controlar y sus tolerancias .

Es entonces responsabilidad del departamento de metrología asegurarse que todas estas medidas son correctas para la pieza que se está verificando y de acuerdo a lo que el dibujo del producto, que es un plano que contiene toda la información de las especificaciones para la pieza final y funcional que se le va a entregar a estas armadoras y que ellas mismas aprobaron, están indicando.

Es importante mencionar en este punto que aunque el cliente directo es en este caso es el Área de Calidad y el departamento de Metrología quienes generaron la orden de trabajo, el departamento de diseño no puede desestimar las especificaciones de los clientes como NISSAN, FORD, etc., y éstas están contenidas en lo que se conoce como el dibujo del producto. Es por eso que esta información debe llegar junto con la orden de trabajo y a último nivel y generalmente la tiene el departamento cliente.

Otro punto importante que se debe considerar acerca de los clientes es el hecho de que en muchos casos y especialmente con el control de dimensiones las empresas armadoras tienen sus propias normas y estándares ya sea para cierto tipo de dimensión o tolerancia, etc. por dar un ejemplo, la japonesa NISSAN ha desarrollado sus propias normas para que todos los fabricantes que trabajan para ellos mantengan un control en ciertas especificaciones que NISSAN solicita, de esta forma se asegura que sus proveedores tengan bajo control ciertas especificaciones que les interesan. Esta norma es muy usada en el taller ya que se trabajan muchos herramentales para piezas de NISSAN es por eso que los diseñadores debemos estar atentos a las especificaciones de los productos que se marcan en los planos de este.

Para llevar a cabo el control de dimensiones en las piezas Calidad y Metrología utilizan lo que se conoce como medios de control, es decir dispositivos y herramientas con características especiales que le permiten cuantificar ciertas dimensiones de la pieza en físico, algunos se usan en directo en la línea de producción y otros se usan en el departamento de metrología donde mediante tecnología especializada se lleva a cabo el estudio de las dimensiones.

ii Descripción del proyecto seleccionado

En los capítulos anteriores se revisó los distintos tipos de trabajos que se hacen en el Taller mecánico como los centros de maquinados, troqueles, moldes, etc., y sobre los cuales el departamento de diseño tiene una enorme responsabilidad. Vimos los distintos clientes tanto internos como externos del taller y analizamos un poco la forma de trabajo del taller en general. Para el presente reporte se ha elegido un proyecto a fin de ejemplificar de una mejor manera la forma en la que el ingeniero de diseño desarrolla el proyecto, sus consideraciones, sus recursos, sus limitantes y la forma en la que logra generar un concepto bajo el cual se va a regir mucho del trabajo posterior del taller.

El proyecto fue encargado por el Área de Calidad para el departamento de Metrología de la planta de Lerma. Se trata de un dispositivo para Medición por Mesa de Coordenadas que se va a usar para un Manifold Intake (Múltiple de admisión) de la empresa NISSAN cuya producción se realiza en esa planta. Como ya hemos visto estos dispositivos básicamente tienen que restringir geométricamente y en cierta orientación la pieza para que la máquina de medición de coordenadas haga un estudio de las dimensiones de acuerdo a la programación que la gente de metrología realizó y de acuerdo a las dimensiones a controlar que marca el dibujo del producto.

iii El cliente: Departamento de calidad y metrología de BOCAR®

Como empresa de manufactura de alto nivel, BOCAR® asegura la calidad en todas y cada una de las piezas que entrega a sus diversos clientes. Por esto cuenta con un departamento de calidad encargado de llevar un control de cómo es que se están haciendo los diversos procesos de producción en las diversas piezas que BOCAR® manufactura. Calidad realiza diversas mediciones y toma de parámetros de muchos procesos en todo el grupo, y mediante la aplicación de estadística y otros métodos de control puede asegurar la “calidad” dentro de los procesos. En cuanto a procesos de maquinado, fundición el área de Calidad se apoya en un departamento de metrología cuya función es la de, mediante instrumentos especializados de medición como mesas de coordenadas, herramientas de precisión,

asegurar las dimensiones que marca el dibujo del producto de las piezas ya sea maquinadas o fundición. Dado que el sistema de producción de BOCAR® se basa en lotes, generalmente metrología toma una muestra del lote para poder realizar una estadística del proceso, por lo que necesita estar colocando constantemente piezas en los instrumentos de medición. Los niveles de exactitud que estas máquinas manejan están por el orden de micras, por lo que surge la necesidad de un dispositivo que permita a metrología elevar el nivel de precisión en la medición en cada una de las piezas evaluadas, esto se puede lograr mediante un dispositivo que asegure la repetitibilidad en la medición de las piezas ya que da más certeza de que si, algún parámetro no está dentro de tolerancia es por un defecto de la pieza, no de la medición.

Surgida esta necesidad, el área de Calidad, junto con el departamento de metrología genera una orden de trabajo según los procedimientos internos de la empresa, al área del taller mecánico para el diseño y la fabricación de un dispositivo de medios de control. La orden entonces pasa a ser cotizada de acuerdo a horas de diseño y horas de fabricación, con esto llega a un costo total aproximado de dicha orden. Es entonces que pasa al departamento de diseño donde el jefe del área asigna dicho trabajo a uno de los diseñadores.

iv Definiendo el problema de los medios de control

Antes de empezar con el diseño del dispositivo solicitado es necesario entender un poco para qué y porqué razón necesita el departamento de Metrología un dispositivo para medición en mesa de coordenadas. Como hemos visto las MESAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS (MMC) son instrumentos de alta precisión usados en la industria para mantener la calidad establecida por ingeniería del producto y el cliente. El departamento de Calidad, en conjunto con el departamento de ingeniería del producto y manufactura, proporcionan un dibujo del producto a Metrología debidamente aprobado por todas las partes involucradas.

En el departamento de Metrología, en base al dibujo, se monta, con las herramientas del departamento, un dispositivo provisional, el cual debe cumplir con la restricción de 6 grados de libertad y procurar que los clampeos sean colineales a los apoyos para evitar deformaciones. Con este dispositivo provisional, se crea el programa de la MMC para la evaluación de todas las medidas de interés que marca el dibujo del producto. Después de terminado el programa el supervisor da el visto bueno para llevarlo a la línea y explicar al operador de la MMC como funciona éste y las instrucciones básicas para correrlo. Una vez que el dispositivo provisional no mostró ningún problema durante la fase de prototipos, se procederá a

fabricar el dispositivo definitivo con el mismo concepto del provisional; la liberación del diseño del dispositivo será responsabilidad del Departamento de Metrología de AUMA Presión.

Dicho dispositivo debe tener ciertas características para que sea certificado por el departamento de metrología como útil para la inspección:

- Debe mantener sus características físicas el mayor tiempo posible y a pesar del uso.
- Debe permitir la medición de todos los puntos “target” de la pieza.
- En ciertas ocasiones y si el departamento de Calidad así lo determina, se debe posicionar la pieza en la misma posición que se va a ocupar para maquinado.
- Debe restringir los 6 grados de libertad que geoméricamente tiene una pieza en el espacio.
- Una vez entregado el dispositivo se evalúan los siguientes aspectos:
 - o Que cumpla con las dimensiones de control que están en el dibujo del dispositivo.
 - o Que los materiales sean los adecuados para el uso que se le va a dar al dispositivo.
 - o Que cumpla con una prueba de repetitividad en donde la desviación de los resultados no rebase cierto límite que estableció el departamento.
 - o Que permita que el programa de la MMC deje verificar todos los puntos requeridos por control de calidad.
 - o Que cumpla con una prueba directamente de la línea que le permita detectar al departamento de Calidad el estado de las piezas en producción.

En pocas palabras lo que el departamento de metrología busca con este dispositivo es que se tenga la certeza en la línea de producción que si se detecta un error en las dimensiones de la pieza a fabricar sea realmente porque se trata de un defecto en ésta y no porque el dispositivo esté ocasionando falsos errores debido a su fabricación o diseño de éste.

VI Metodología de diseño del Taller Mecánico

i La metodología seleccionada.

El diseño muchas veces es un proceso intangible, es decir no somos conscientes cuántas veces lo usamos para lograr desarrollar un proyecto que puede ser formal o no, desde los niños que crean un juego para sus amigos hasta los ingenieros que desarrollan un nuevo automóvil, todos usamos el proceso de diseño y tras tanto tiempo y tantas experiencias que ha tenido la humanidad con el diseño actualmente tenemos una gran cantidad de metodologías, sistemas, recomendaciones, guías, etc., sobre cómo diseñar. Entre esta variedad de opciones es importante que elijamos una que a través de la experiencia

del Taller Mecánico sirva para dar la mejor solución a los diferentes problemas que se van a presentar en el taller. Es decir la metodología que usa el taller está basada en la experiencia de años y años diseñando herramientas, de constantes interacciones con clientes y proveedores así como años de estar observando la forma óptima en la que trabajan los distintos dispositivos y herramientas, pero no podemos quedar con la experiencia, a veces para mejorar es necesario romper ciertos paradigmas, que por supuesto existen en diseño, las nuevas ideas y métodos pueden perfeccionar una idea ya establecida sobre cómo se diseña tal o cual cosa.

PROCESO DE DISEÑO

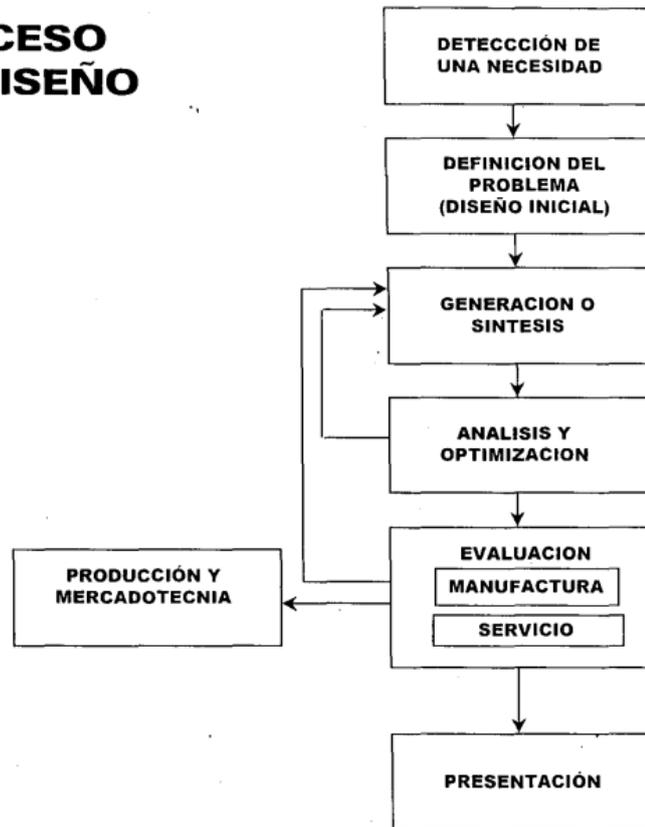


Diagrama VI-1 Proceso de diseño general en la industria

Esta metodología permite realizar soluciones acorde a las necesidades del cliente ya que es un proceso de diseño mecánico que pretende contemplar la mayor cantidad de aspectos a considerar en el proceso, los materiales, las fuerzas, las frecuencias de uso, las posiciones, los costos, el maquinado, el ajuste, el transporte, etc...

Bajo este esquema el taller mecánico trabaja con una metodología que le permite llevar a cabo soluciones óptimas para resolver las necesidades de los clientes.

En el Diagrama VI-1 se presenta el flujo básico de la metodología con la que el taller desarrolla sus proyectos y que fue el caso del trabajo seleccionado para este reporte.

PROCESO DE DISEÑO



Diagrama VI-2 Proceso de diseño empleado por el taller Mecánico en su departamento de diseño.

La metodología elegida en si es muy común para el desarrollo de nuevos productos y es usada por muchas empresas en sus áreas de desarrollo .Esto asegura que es una metodología probada y aprobada para un eficiente desarrollo de producto que en este **caso es el herramental para el área de calidad y metrología. Es además una metodología bastante** flexible que permite adecuarla a las necesidades y restricciones propias del ambiente y los recursos del taller.

Si observamos el Diagrama VI-2 podemos observar que es el Diagrama VI-1 modificado ya que como mencionamos, se debe adaptar a las necesidades del taller, en este caso la modificación corresponde a una restricción muy importante que nos marca la naturaleza de los proyectos que en el taller se trabajan y es que el taller no desarrolla dispositivos y herramientas con producción en serie, es decir ningún herramental o dispositivo va a ser fabricado en una producción constante, depende el proyecto pero generalmente estamos hablando de dispositivos únicos por orden de trabajo, esto nos marca la pauta para identificar el tipo de diseño y las consideraciones que se deben hacer, empezando por omitir la parte de "Producción y Mercadotecnia" dentro de la metodología que se usa en el taller y más aún en el proyecto a desarrollar.

A continuación desarrollaremos esta metodología punto por punto de forma que se reporte como fue que el herramental para el área de calidad y metrología fue desarrollado en este departamento de diseño.

ii La necesidad, las especificaciones, limitaciones y consideraciones del cliente.

Enfocándonos al cien por ciento en el proyecto que se va a reportar y de acuerdo a la metodología a usar tenemos que:

NECESIDAD: El departamento de Calidad, que apoyado en el departamento de metrología han encargado un dispositivo que les permita mantener en una posición fija, con determinada orientación un Manifold intake (múltiple de admisión) que es una pieza que se usa en los motores de los automóviles convencionales, en el caso de este proyecto tenemos una pieza para la empresa NISSAN, que como mencionamos va a ser evaluada en un dispositivo de mesa de coordenadas, las características a evaluar por la MMC son definidas por metrología, basados en el dibujo del producto en este caso del Manifold Intake de NISSAN. Por lo tanto podríamos describir nuestra necesidad como: **Se requiere un dispositivo para mantener fijo en una orientación única un Manifold Intake para que éste pueda ser evaluado en la Máquina de Medición por Coordenadas del departamento de metrología de Lerma, el dispositivo deberá contar con una base específica para funcionar en la MMC y con la mayor repetitividad posible así como portabilidad para maniobrar con él dentro del laboratorio.**

Para hacer más fácil el proceso de diseño podemos establecer una lista de las necesidades que se infieren de lo que el cliente expreso.

- Orientación
- Posición fija
- Repetitividad
- Base estándar
- Portabilidad

LIMITACIONES: Las limitaciones en este proyecto se deben considerar desde dos puntos, lo que requiere el cliente y la capacidad del taller para la fabricación, es decir como diseñadores debemos de

cuidar y tener en cuenta cuáles son las limitaciones de un lado y del otro. En cierta medida funcionamos como mediadores entre el cliente y el resto del taller ya que somos nosotros quienes vamos a proponer conceptos para el cliente de acuerdo a las limitaciones del taller y de acuerdo a esto llegar a una solución funcional para ambas partes.

Para esto podemos usar una tabla en la que enlistemos las limitaciones de ambas partes y encontremos situaciones críticas. Que deben ser consideradas

LIMITACIONES DEL CLIENTE	LIMITACIONES DEL TALLER
Usar un tipo específico de base para la MMC	La mayor cantidad de medidas estándar posibles
Una orientación y posición de la pieza específica	Piezas manufacturables

Las especificaciones: Las especificaciones en este caso se refieren a cómo es que el cliente desea, lo que a él en este caso le importa que es la orientación del Manifold Intake con respecto al pallet⁷.

En este proceso dentro del taller generalmente se manda un boceto o se explica una idea de cómo se va a desarrollar el dispositivo para que el cliente haga sus comentarios acerca de las consideraciones e ideas del diseñador. De igual manera ellos dan una retroalimentación de como interpretan ellos sus especificaciones.

Hay que entender también que conforme avanza el proceso del diseño es muy frecuente que los clientes se den cuenta de nuevas necesidades que les surgen y por tanto dan nuevas especificaciones, así pues

⁷ Placa de Aluminio usada en las MMC para montar el dispositivo, es de un tamaño estándar para usarse en distintas máquinas.

el diseñador debe estar atento a que estos cambios no le signifiquen muchos problemas sobre todo en el tiempo de diseño y si es así proponer alguna nueva solución.

En el caso del proyecto elegido las Especificaciones de la gente de metrología fueron:

En primera instancia el departamento solicitó la pieza en forma vertical, mandó esta imagen [Ilustración VI-1] para darnos una idea del concepto con el que se quiere trabajar:

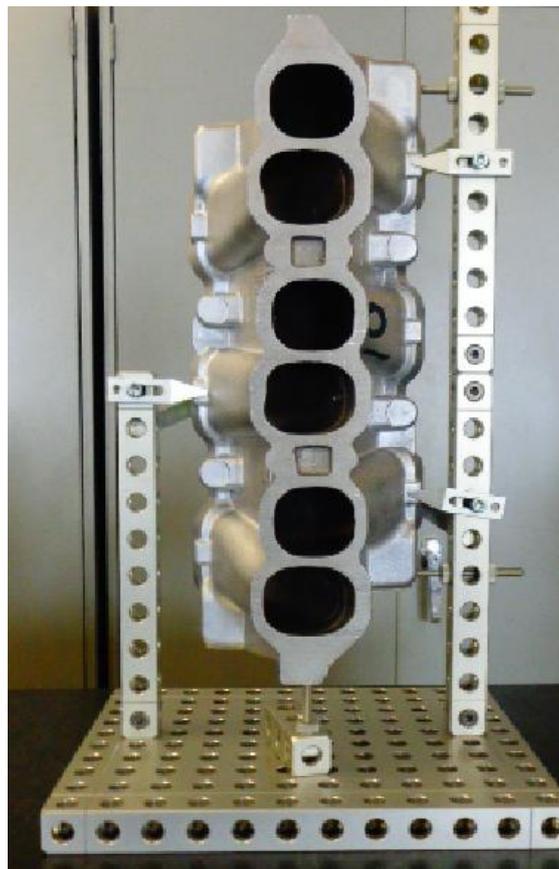


Ilustración VI-1 Imagen del concepto que maneja Lerma

En sus primeras especificaciones explicaron que la pieza necesita estar vertical sobre el pallet. Hasta aquí fue la primera especificación que se dio para empezar con el diseño.

iii Generación del concepto inicial.

El concepto inicial se basa en las necesidades, especificaciones y limitaciones que dio el cliente, así como las limitaciones y especificaciones que da el mismo taller para la fabricación de piezas, por esto yo como el diseñador de este herramental, debo estar muy pendiente de todos estos factores para lograr satisfacer en la medida de lo posible ambas partes.

Por estándar establecido del taller y de acuerdo a lo que conocemos sobre cómo trabaja BOCAR, existe un pallet estándar que se usa en las máquinas de coordenadas del grupo, esto es porque estas máquinas tienen un sistema de arrastre con un patrón específico, por lo que se ha establecido el estándar dentro del taller para el pallet sobre el cual va montado el dispositivo, por lo que esto es una de las primeras restricciones que se presentan. En la Ilustración VI-2 podemos observar los bujes que dan la posición dentro de la MMC, con respecto a estos bujes y las flechas que indican el sentido, el cliente nos da una posición relativa para cómo le es más conveniente usar el dispositivo.

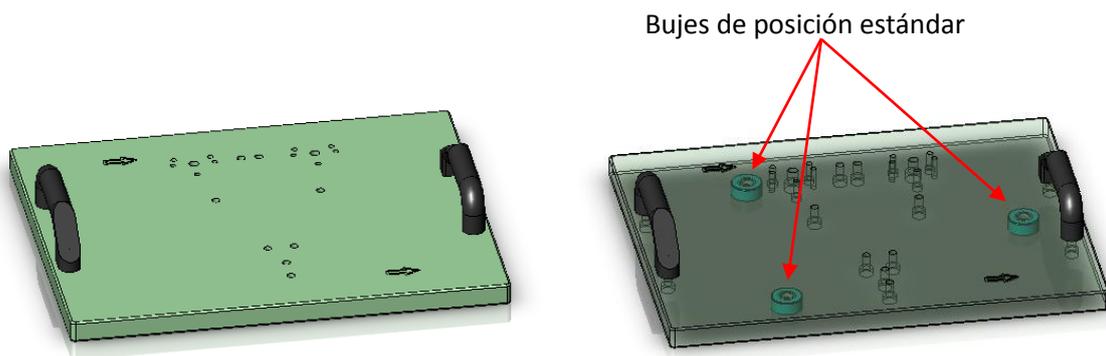


Ilustración VI-2 Modelo 3D de Pallet Estándar usado en las MMC

Una vez que se tiene esta información lo primero que se hizo fue en el software CAD SOLIDWORKS⁸, dar una posición relativa a el Manifold Intake con respecto al Pallet como que se muestra en la Ilustración VI-3, como proceso de diseño en el software CAD es importante establecer una referencia de origen para empezar a diseñar las demás piezas, es decir una referencia fija alrededor de la cual se construya el resto del diseño, esto trae muchas ventajas en cuanto al uso del software se refiere, además que de esta forma se asegura que el resto del ensamble se construya con el múltiple como base. Esto permite que en etapas futuras como ajuste o ensamble el error que presentan las piezas sea el mínimo. Con dispositivos con pocas piezas como el caso de este no es tan relevante pues se puede mantener mucho más control sobre el diseño en general pero es una sana práctica ya que puede haber dispositivos

⁸ ©2016 Dassault Systemes SolidWorks Corporation

con más de 500 piezas, el software se basa en restricciones geométricas por lo que es importante saber aprovechar las ventajas del software de manera que como diseñadores nos permita tener modelos CAD más estables y que sobre todo si se presenta un cambio sea posible realizarlo de manera fácil y rápida y que nos afecte lo menos posible al resto del ensamble, por su parte SOLIDWORKS tiene una serie de herramientas que nos permiten a nosotros como diseñadores mantener el control de los cambios y la estabilidad del ensamble, aunque no es el objeto de este reporte el explicar las herramientas del software es importante mencionar que también es responsabilidad del diseñador el tener un conocimiento aceptable de estas para poder realizar los modelos CAD y sus ensambles de forma óptima y que como mencionamos los cambios necesarios puedan ser aplicados sin mayor problema.

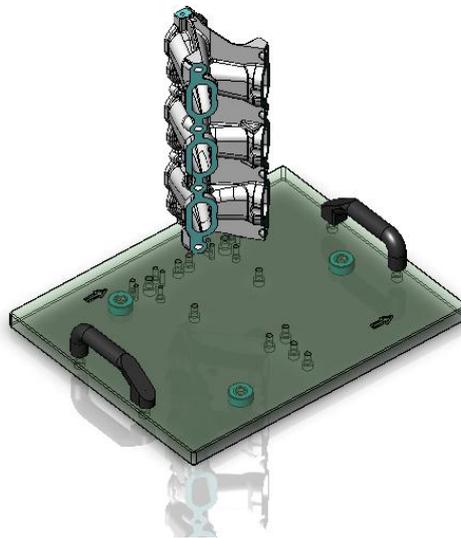
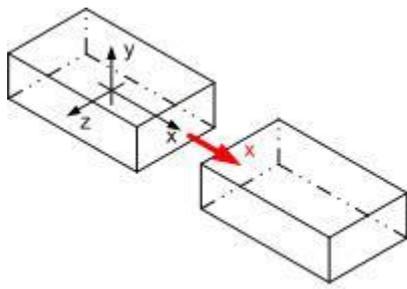
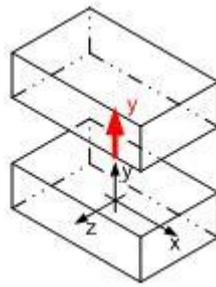


Ilustración VI-3 CAD Posición relativa de Manifold Intake con Respecto al Pallet

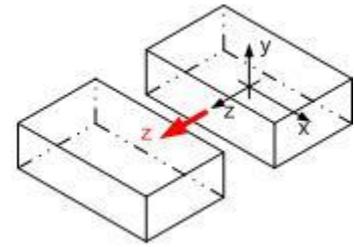
Así pues, una vez que se tuvo la posición deseada del múltiple de admisión con respecto al pallet [Ilustración VI-3], procedemos a realizar el análisis geométrico de la pieza para determinar las restricciones geométricas necesarias para la pieza. Esto se hace mediante la teoría del 3-2-1, como sabemos una pieza en el espacio tiene 6 posibles ejes sobre los cuales desplazarse, a lo que se le conoce como 6 grados de libertad, en la siguiente Ilustración VI-4 se muestran:



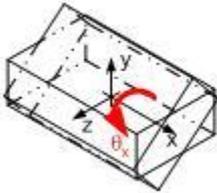
Lineal en Dirección X



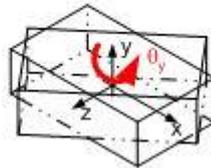
Lineal en Dirección Y



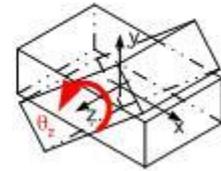
Lineal en Dirección Z



Rotación en eje X



Rotación en eje Y



Rotación en eje Z

Ilustración VI-4 Esquema de los grados de libertad geometricos

Estos son los posibles movimientos que una pieza libre en el espacio puede sufrir y claro sus componentes. La teoría 3-2-1 se refiere precisamente a restringir estos 6 grados pero antes de seguir hay otro aspecto que se debe analizar para poder hacer la restricción correctamente y es el centro de gravedad de la pieza y es que si no se toma en cuenta este aspecto de la pieza se corre el riesgo de que aunque se restrinjan todos los ángulos de libertad la pieza no quede estable en la base diseñada, *“El centro de gravedad de un objeto es aquel punto en el que se puede considerar que actúa la fuerza de gravedad. En realidad, la fuerza de gravedad actúa sobre todas las partes o partículas de un objeto pero, para propósitos de determinar el movimiento de traslación de un objeto como un todo, se supone que todo el peso del objeto (que es la suma de los pesos de todas sus partes) actúa en el centro de gravedad. Con frecuencia es más fácil determinar experimentalmente el Centro de Gravedad de un objeto extendido que determinarlo de forma analítica”* (Giancoli, 2001, pág. 183).

Lo que se hace en el departamento de diseño para determinar el centro de gravedad es usar el mismo software CAD SOLIDWORKS ya que cuenta con un módulo especial para determinar éste a partir del modelo 3D (base de datos) de la pieza y es que muchas veces se tiene la dificultad de que no se cuenta con la pieza física en el taller pues aun no ha salido del área de prototipos, también puede ocurrir que la pieza es demasiado grande y/o compleja para determinar su centro analítica o experimentalmente.

Así pues debido a que la información que el software proporciona sobre el centro de gravedad de la pieza es confiable, Tomemos una posición del centro de gravedad. Además que contamos con la ventaja que

el software nos permite visualizarlo en 3D para poder tener una mejor referencia de su posición con respecto a los demás componentes del ensamble.

Una vez que se tiene toda esta información de la pieza podemos empezar a aplicar la teoría de restricción 3-2-1 y empezar a colocar los componentes de acuerdo a lo que necesitemos. La teoría de restricción de 3-2-1 nos indica que debemos restringir primero 3 grados de libertad con un plano que ubicaremos en la pieza, este plano definido por 3 puntos va a darnos lo que conocemos como el triángulo de apoyo, este triángulo nos define la zona de apoyo por fuerza que es lo que va a ejercer una fuerza mecánica para mantener la pieza en posición, según la teoría el o los apoyos mecánicos que se usen deben estar dentro de este triángulo de apoyo, por lo que se busca que este triángulo sea lo más extenso posible sobre la pieza.

Una vez que se definió el triángulo de apoyo y dependiendo la posición de la pieza, podemos continuar y restringir los grados de libertad faltantes, en este punto hay que tomar en cuenta que el efecto de la gravedad restringe siempre un grado por sí solo, sin embargo y dependiendo de la geometría de la pieza ésta también puede hacer que la pieza rote o se traslade en cierta dirección dado el momento de inercia mismo de la pieza. Así pues continuamos restringiendo los grados con un apoyo lateral que en este caso nos va a restringir una traslación sobre el eje y una traslación rotacional, en el caso de este apoyo se presentan dos problemáticas que están relacionadas con la geometría de la pieza y con el proceso de manufactura que ha sufrido la pieza hasta el momento de implementación del herramental.

PROBLEMÁTICA:

- **LA PIEZA PRESENTA DEMASIADAS CARAS EN ANGULO:** Como gran parte de las piezas que lleva un motor, el múltiple de admisión es diseñado con referencias hacia muchos otros componentes dentro del vehículo, esto aunado a los procesos de manufactura y la ingeniería aplicada a las piezas, muchas veces resulta en piezas con geometrías que incluyen caras con ángulos diversos que ciertamente hace más complejo el desarrollo de sistemas de sujeción simples. En el caso del Manifold Intake se tienen muchas variaciones en los ángulos de caras además que la posición solicitada por el cliente dificulta aprovechar otras zonas para asegurar la pieza.

- **EL PROCESO DE MANUFACTURA DE LA PIEZA PRESENTA VARIACIONES EN DIVERSAS ZONAS:** El aluminio, materia prima del Manifold intake es transformado en la planta de Lerma mediante el proceso de manufactura conocido como “fundición por gravedad” en el cual se utilizan moldes con rellenos de arena para realizar el vaciado del aluminio fundido y así obtener la pieza deseada. Los moldes por diversos factores se van alterando de las especificaciones originales afectando así las dimensiones finales de la pieza fundida, esto como sabemos es una de las problemáticas fundamentales que dan como resultado la necesidad de los medios de control. Como diseñadores no podemos dejar de lado este aspecto de la pieza que va a ser usada en nuestro herramental, es por eso que debemos idear un sistema que nos permita tener el mayor control sobre esta variación.

Una vez que se estableció la problemática a la que nos enfrentamos tenemos que, a lo largo de los diseños que se han hecho en el taller mecánico, se han establecido ciertas soluciones para este tipo de problemas y más relacionados con los medios de control que requieren de piezas de alta precisión.

Para la primera problemática debemos tener en cuenta la geometría de la cara y por lo tanto evitar estas caras y buscar zonas más estables para el apoyo, esto debido a que apoyar sobre caras con ángulo provoca una desviación del componente en cierta dirección que nos puede afectar a la repetibilidad del dispositivo. Para este dispositivo, se buscó un punto de apoyo que nos permitiera estabilizar la pieza en posición, como sabemos debemos de asegurar este punto de apoyo mecánico dentro del triángulo de apoyos por lo que se eligió esta zona:

De acuerdo al punto elegido, se toma en cuenta el peso a contrarrestar de la pieza y la robustez de ésta, entonces procedemos a buscar un apoyo mecánico adecuado a la pieza. En el taller mecánico, como hemos mencionado, se cuenta con una gran cantidad de proveedores de muchos componentes que se usan en el taller para los moldes, troqueles, medios de control, etc..., así pues para los medios de control lo que más se requiere son sistemas de apoyo mecánico, grapas, clamps, seguros, etc. Para el caso de este herramental usaremos un clamp de la marca DESTACO®, una compañía Americana líder en la fabricación de medios de soporte y apoyo mecánicos. En este caso necesitamos un apoyo de acción lineal, esto porque es lo que mejor se ajusta a los espacios que tenemos en la pieza, en la página de DESTACO® como sucede en la mayoría de los proveedores se encuentra las especificaciones, CAD's,

ilustraciones, referencias, etc, de los componentes que vamos a usar en el diseño. Entonces podemos bajar el CAD 3D del Clamp e incluirlo en nuestro modelo de la solución actual y podemos evaluarlo en cuanto a dimensión y posición con respecto al resto del ensamble, lo que nos permite tener la certeza de que cuando se fabrique el herramental las medidas y posición del componente seleccionado serán funcionales en el diseño. También es conveniente mencionar que, por ejemplo en el caso del clamp es posible configurar el modelo 3D para las distintas posiciones mecánicamente posibles del componente, en este caso del clampeo y desclampeo del apoyo mecánico. Esto nos permite evaluar los posibles escenarios del ensamble directamente en el CAD, permitiéndonos así tomar decisiones más eficientes.

Un punto que hay que tomar en cuenta es que mediante el CAD SOLIDWORKS se pueden evaluar aspectos mecánicos, como los efectos de la fuerza que va a ejercer el clamp, la resistencia del Manifold Intake. Este análisis se realiza mediante software CAE (Computer Aided Engineering) que en este caso es parte del mismo SOLIDWORKS conocido como SOLIDWORKS SIMULATIONEXPRESS, en el departamento de diseño se hacen cálculos sobre valores conocidos para determinar la fuerza de un pistón, de una prensa, la resistencia de un material a la deformación, etc...

- **VALORACIÓN DE ESTIMACIÓN DE CÁLCULO**

Obtener datos sobre un sistema físico real, como la fuerza ejercida, calcular momentos, esfuerzos, etc., es muchas veces una tarea complicada ya que se deben usar ciertos instrumentos o realizar una gran cantidad de cálculos que conllevan tiempo y recursos que para la empresa representan costos, es por esto que debemos tener en consideración y evaluar la necesidad de hacer cálculos sobre lo que se va a trabajar y el costo que representan éstos, es decir para realizar cálculos sobre los esfuerzos y momentos que se generan en el Manifold Intake. Para esto se deben llevar a cabo pruebas en el laboratorio de pruebas mecánicas y recabar datos, así como efectuar la memoria de cálculo correspondiente, todo esto, como ya explicamos, lleva un proceso que va a implicar tiempo y dinero además que añade carga al laboratorio de pruebas que ya de por sí debe realizar muchos otros estudios sobre las piezas que se producen en BOCAR GROUP®, por esto en la mayoría de los medios de control no se realiza un cálculo sobre las fuerzas mecánicas que van a interactuar en el dispositivo. En este punto podemos establecer que las fuerzas que ejercen en este caso los palpadores de la MMC se consideran despreciables ya que estas máquinas detienen su avance al mínimo contacto con la pieza por su alta sensibilidad en los palpadores.

Hasta ahora hemos definido algunos componentes y puntos críticos del dispositivo, como los puntos de apoyo sobre la brida del Manifold Intake, así como el tipo de soporte mecánico que vamos a usar, poniendo estos componentes en el CAD podemos establecer el tipo de soporte necesario para ubicar físicamente los apoyos sobre el pallet y que se pueda usar el dispositivo.

En este punto tenemos el entendimiento que el material que vamos a usar para crear las piezas puede ser uno de los que maneja el taller, alguno de los aceros que se tienen o el aluminio que también se maquina en el taller. Así procedemos al diseño de los soportes para determinar una opción viable para los apoyos físicos.

Las consideraciones que se llevan a cabo para la selección del material son:

- **Uso:** Qué tan seguido va a estar en uso la pieza, independientemente si el dispositivo en si se usa mucho o poco, que tanto desgaste va a tener esta pieza cuando se lleve a cabo el uso.
- **Fuerza:** Qué tanta fuerza va a estar resistiendo la pieza en cada uso, es decir si va a resistir mucha fuerza de parte de la pieza o el mecanismo o si solo es un elemento de apoyo.
- **Precisión:** Qué tan importante es que la pieza no se deforme durante la evaluación, esto es una de las características más importantes ya que al tratarse de un medio de control es fundamental que el dispositivo mantenga las dimensiones originales, de no ser así la medición mediante la MMC se ve afectada. Por ejemplo, para el pallet no es necesario un material cuya dureza sea alta, ya que si se llega a golpear en alguna esquina o lado, las dimensiones importantes no se ven afectadas, en cambio si se llega a golpear un asiento las dimensiones de control pueden variar y afectar el desempeño del dispositivo.

Así pues establecido el criterio podemos proceder al diseño de las piezas acorde a las necesidades planteadas por el análisis anterior para los soportes del dispositivo (ver Ilustración VI-5).

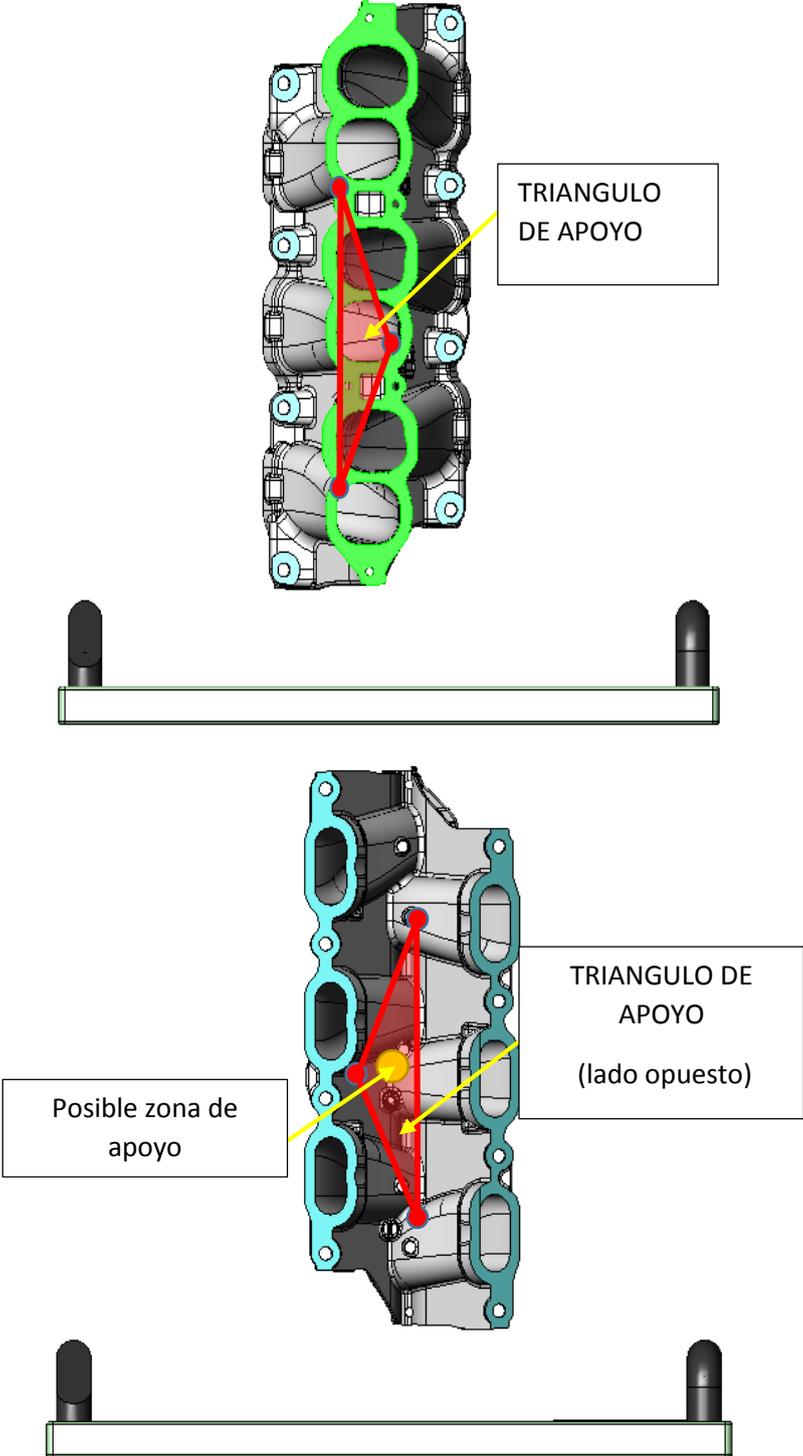


Ilustración VI-5 CAD Vista del Manifould Intake y el triángulo teorice de apoyo

Como la teoría de restricción nos dicta debemos de establecer cualquier apoyo dentro de triángulos de apoyo, esto para evitar la aparición de momentos que puedan afectar el desempeño del dispositivo.

Así procedemos a establecer el diseño de los asientos así como del clamp y sus respectivos soportes.

- Por la posición de la pieza además de la ubicación de los asientos, podemos usar una columna para ubicar los asientos y otros dispositivos que deba usar el dispositivo (ver ilustración

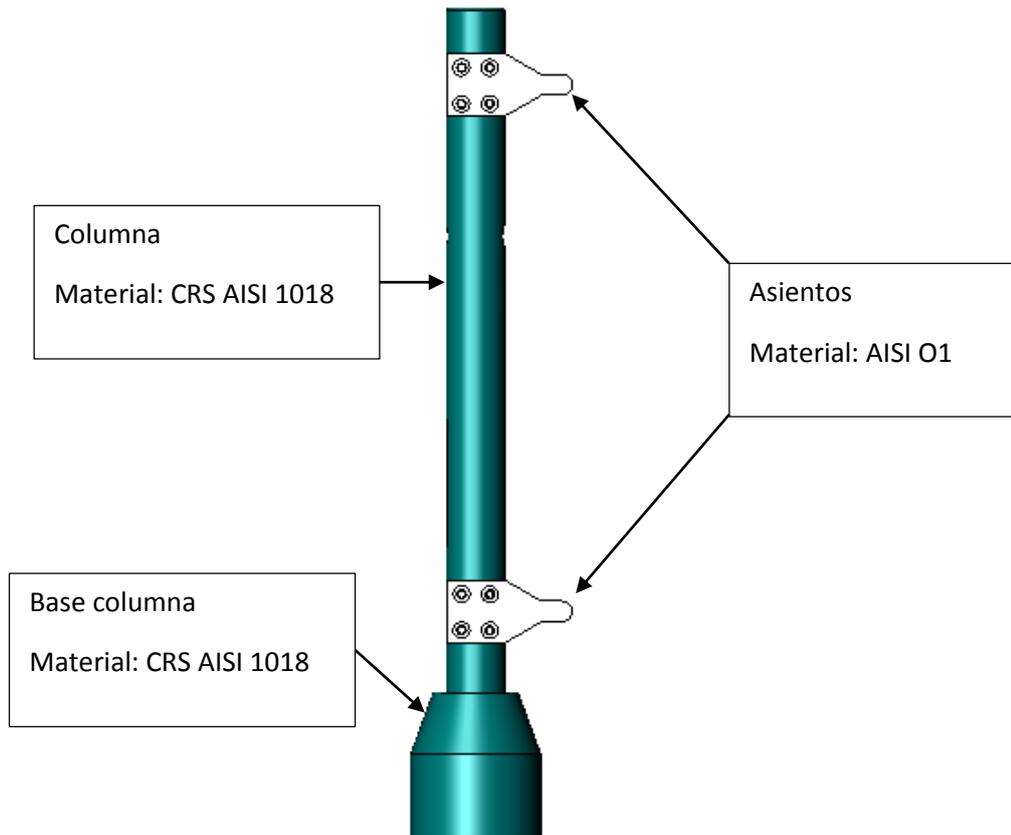


Ilustración VI-6 Columna diseñada para el soporte de los asientos

Ilustración VI-6 Columna diseñada para el soporte de los asientos):

- Establecemos el tipo de sujeción a utilizar, considerando la fuerza que debe tener este sistema para mantener a la pieza en posición, para este tipo de apoyos mecánicos en el taller se recurre a los apoyos de la marca DESTACO, revisamos el catálogo en línea para ver las opciones que tiene el proveedor y ver cual se ajusta más a nuestras necesidades. Para este caso se encontró la siguiente hoja de datos de uno de los clamp que de acuerdo a sus características nos puede servir

Series 602, 604, 624 Product Overview

Features:

- Versatile and compact straight line action clamps
- Threaded body for through hole mounting
- SS models are stainless steel

Applications:

- Assembly
- Checking fixtures
- Welding fixtures
- Tensioning devices

Also Available:
See page 8.1 for accessories

▲ 602
▲ 602-SS
● 602-MM
■ 602-MMSS



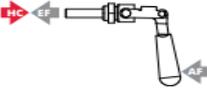
▲ 604
▲ 604-SS
● 604-MM
● 604-MMSSⓈ



▲ 624
● 624-SS
● 624-MM



Series 602, 604, 624 Technical Information, Holding Capacities, Standard Clamp Dimensions



Model	Max. Holding Capacity	Weight	EF:AF (pushing/pulling)	Plunger Travel	(M) Plunger Thread	Spindle (Recommended)	Mounting Nut (Supplied)
▲ 602					1/4-20	205203	602105
▲ 602-SS	[200 lbf] 900 N	[0.12lb] 0,05kg	31:1/28:1	[0.75] 19	M6	202943	602905
● 602-MM						205203-M	602105-M
■ 602-MMSS						202943-M	602905-M
▲ 604	[300 lbf] 1330 N				5/16-18	207203	606104
▲ 604-SS	[400 lbf] 1780 N	[0.44lb] 0,20kg	45:1/26:1	[1.50] 38	M8	--	606904
● 604-MM	[300 lbf] 1330 N					207943	606104-M
● 604-MMSSⓈ	[400 lbf] 1780 N					207943-M (included)	606904-M
▲ 624					3/8-16	210203	624105
● 624-SS	[700 lbf] 3110 N	[1.63lb] 0,74kg	49:1/21:1	[2.63] 66		237943 (included)	624905
● 624-MM					M10	210203-M	624105-M

Ⓢ This item is available upon request HC = Holding Capacity, EF = Exerting Force, AF = Applied Force
 Preferred Market: ▲ NA/SA ■ Europe ● Global

Ilustración VI-7 Hoja de datos de clamp 624 - MM de la página de DESTACO®

Una vez ubicado un sujetador cuyas características cumplan con el dispositivo, procedemos a descargar el CAD 3D de la página del servidor para poder usarlo en el modelo 3D que tenemos en SOLIDWORKS.

Así pues tenemos que, una vez colocado en el CAD, podemos comparar los tamaños para determinar si no estorba en algún movimiento, es importante tener en cuenta como diseñadores que la posición que se está tomando como referencia para la pieza no es fija, es decir, a pesar de tener en el CAD 3D determinada posición en la pieza debemos estar atentos en todo momento que esta se va a estar quitando y poniendo por los operadores muchas veces a lo largo del tiempo que se use el producto, por lo que es importante tener en cuenta en este punto que retirar y poner la pieza no sea una tarea compleja o que definitivamente no se pueda llevar a cabo.

Tomando en cuenta esto y analizando el CAD para checar los espacios podemos establecer que es necesario alejar el clamp para poder asegurar que la pieza sea puesta libremente, así pues diseñamos una extensión para el clamp que, a su vez, permita ejercer la fuerza necesaria para mantenerlo en posición. En la ilustración VI-9 se observa el sistema diseñado para el clamp para que nos permita mantener una distancia adecuada al Manifold intake.

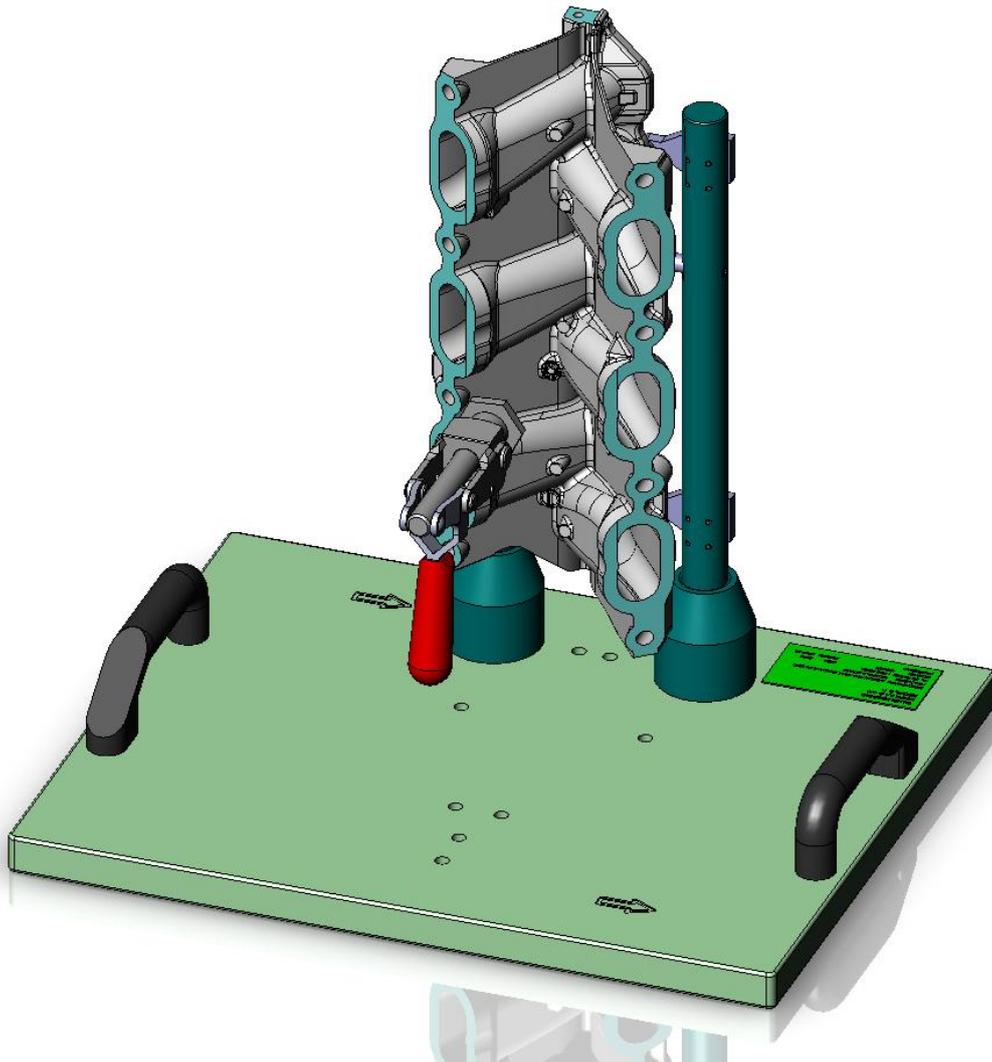


Ilustración VI-8 Posición del clamp en el pallet

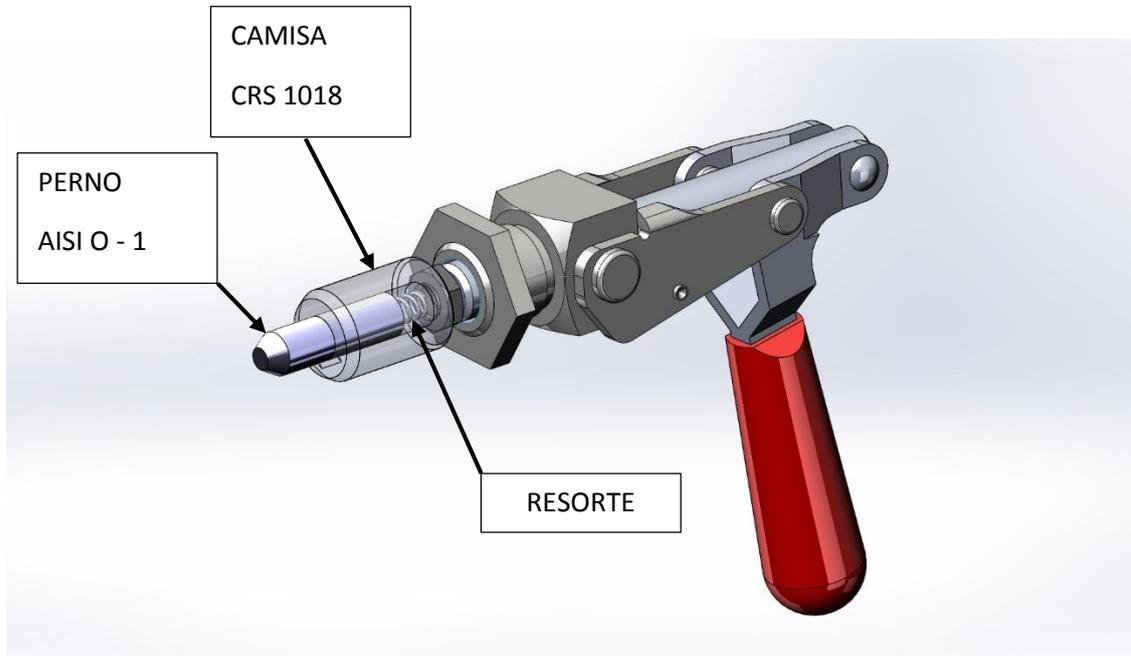


Ilustración VI-9 Detalle del sistema de clampeo

Ya que tenemos el sistema de apoyo mecánico definido podemos diseñar la forma de fijar este en el pallet principal. Por lo que procedemos al diseño de una propuesta para el soporte del clamp en el pallet, como se ve en la Ilustración VI-10

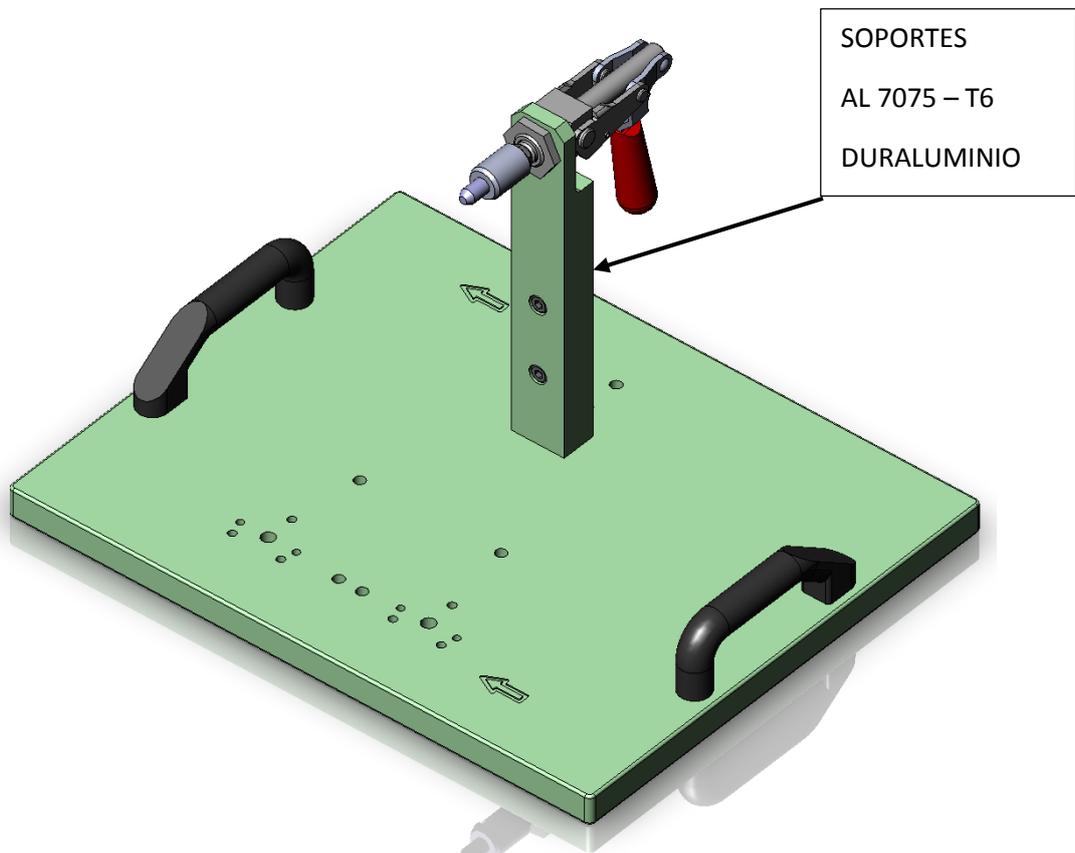


Ilustración VI-10 CAD Soporte diseñado para el clamp

- Según la teoría de restricción nos hace falta restringir el desplazamiento vertical, la gravedad nos permite restringir este movimiento sin ningún apoyo mecánico, pero debemos hacer un soporte donde recargue la pieza. Para esto hay que tomar en cuenta la zona de la pieza donde va a recargar ya que como se mencionó, debe ser una zona estable para que no genere fuerzas o momentos que puedan afectar la repetitividad y precisión del mecanismo.

Una vez que definimos las zonas de apoyo, podemos diseñar unos apoyos que establezcan estabilidad a la pieza. Tomaremos en cuenta que **la zona de apoyo es una zona sin maquinado**, es decir viene tal cual sale de fundición por lo que debemos establecer un apoyo que asiente en la menor área posible para evitar al máximo las variaciones en la posición de la pieza debido a las diferencias entre los Manifold Intake debidas al proceso de fundición.

Esto se puede lograr con una pieza cuya punta sea esférica para mantener el plano donde va a asentar la pieza tangente, esto limita el área de contacto al mínimo y mejora la estabilidad del dispositivo. (ver Ilustración VI-11)

Posibles zonas de apoyo

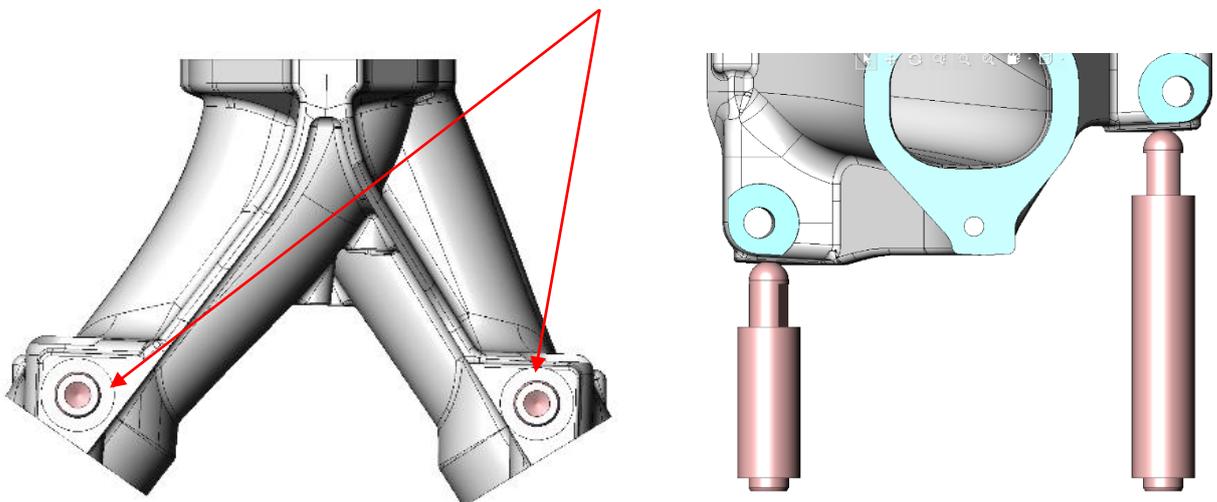


Ilustración VI-11 Asiento con cabeza redondeada

El material adecuado se establece como AISI 1040 porque es un acero duro que resiste al uso y constante “golpeteo” de las piezas que se van a colocar en el dispositivo. Lo que permite que la pieza conserve su forma y, al mismo tiempo permitir que el dispositivo conserve sus dimensiones de control.

- Por último, faltaría restringir el desplazamiento lateral que se pudiera presentar durante la colocación de la pieza, para esto, y como también apoyaremos sobre una zona de fundición (que como ya mencionamos no son controladas al 100%), será necesario un mecanismo que permita compensar las variaciones entre piezas. En la Ilustración VI-12 podemos ver el mecanismo con resorte que se diseñó, el cual aprovecha las mismas columnas previamente diseñadas para el sistema de anti giro que se pretende usar. Nuevamente los materiales son elegidos de acuerdo al uso que tendrán estas piezas a lo largo de la vida del producto.

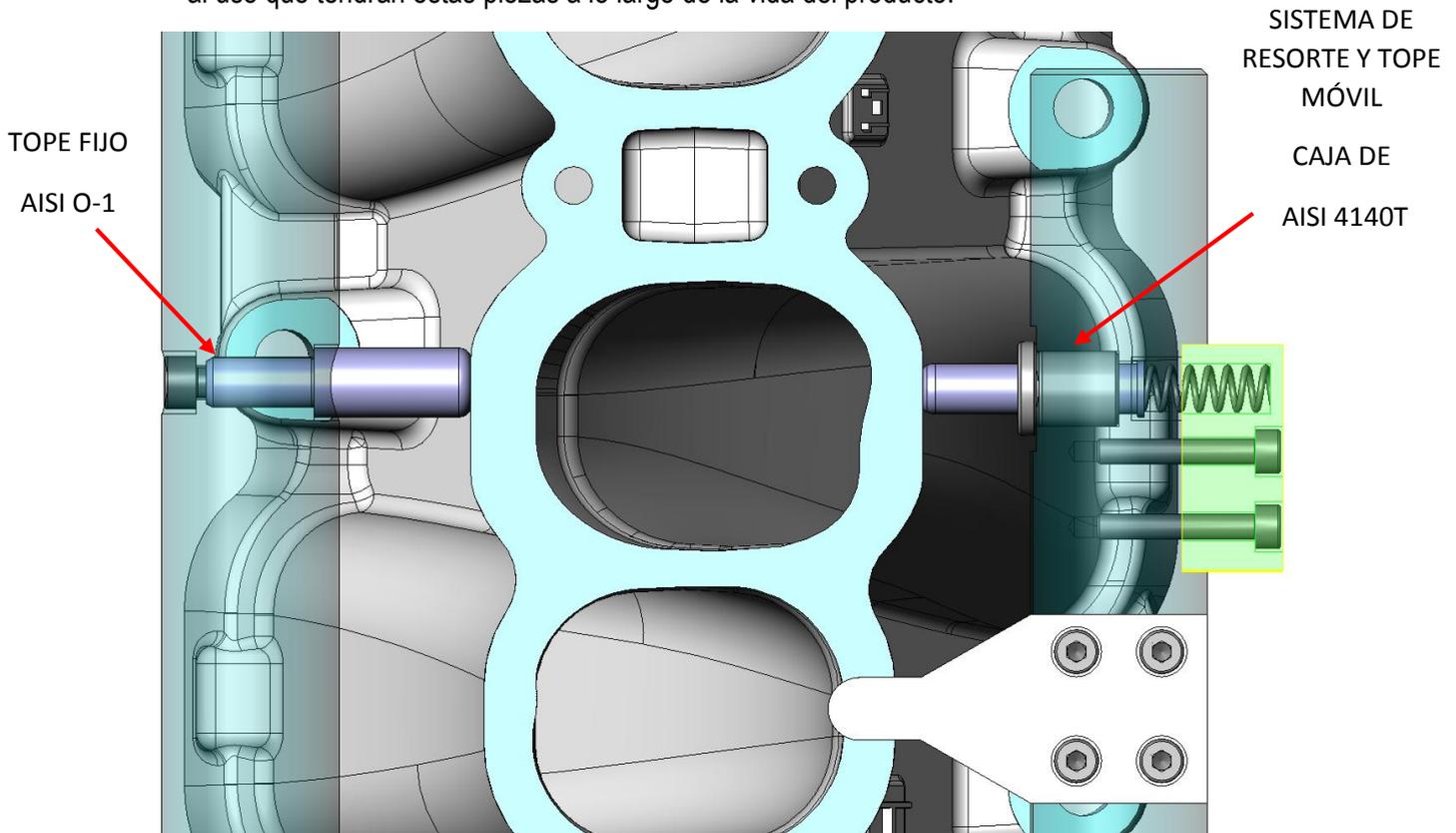


Ilustración VI-12 Sistema anidesplazamiento lateral

Como podemos observar este sistema permite que independientemente de la variación que presente el Manifold intake debido al proceso de fundición. Vamos a poder asegurar que la posición de la pieza no va a variar durante el proceso de medición.

Entonces tenemos el primer concepto finalizado, esto tomando en cuenta todos los factores como uso, precisión, durabilidad, interacción con la MMC así como con el operador, además de, obviamente tomar en cuenta la teoría de la restricción geométrica de la pieza para el diseño en posición de las piezas, haciéndolas funcionales para éste.(Ver Ilustración VI-13)

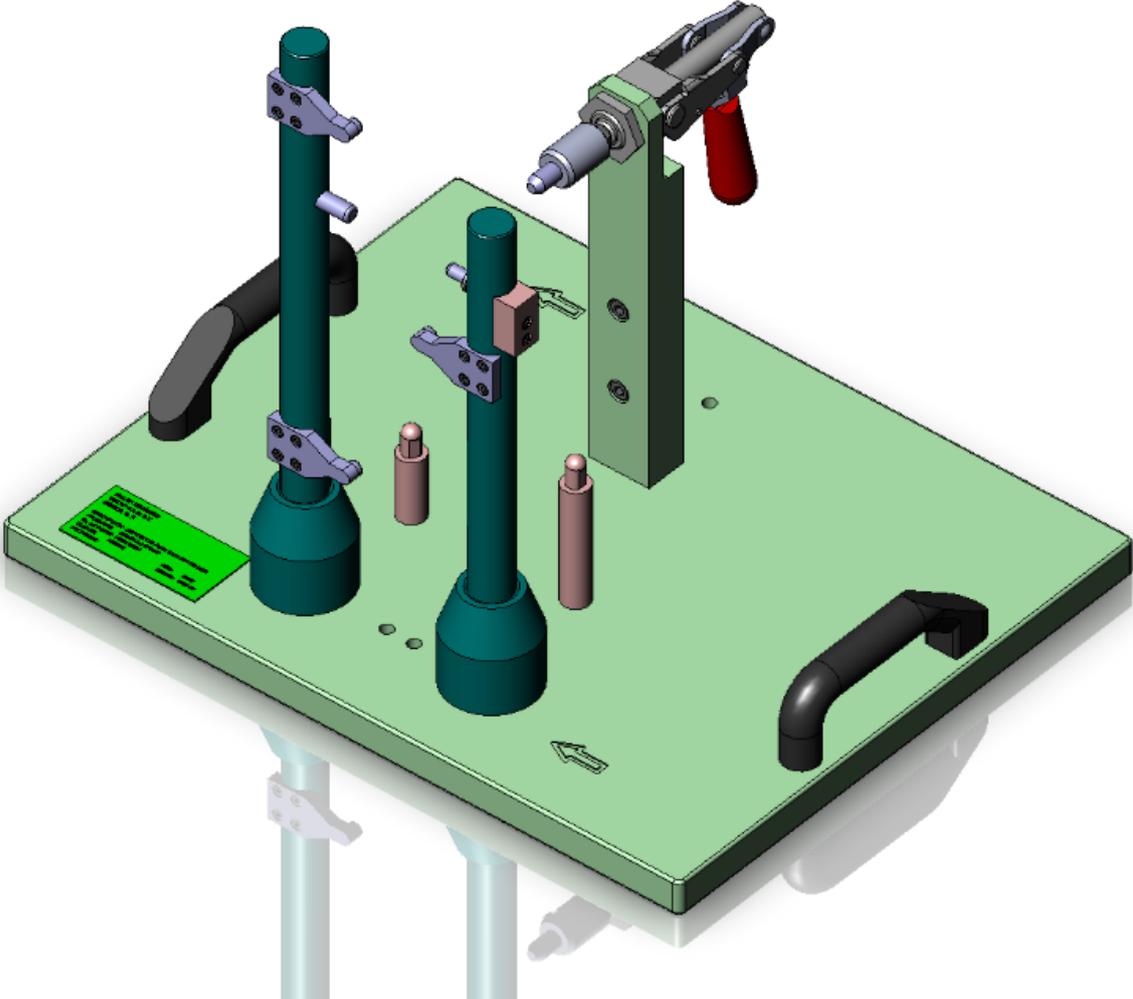


Ilustración VI-13 Concepto final (vista sin Manifould Intake)

iv Análisis y optimización del diseño.

Continuando con el proceso se vuelve a revisar el diseño y se hacen observaciones y análisis de acuerdo a lo que se ha hecho en otros diseños con propósitos similares, se llevan a cabo análisis mediante el software SOLIDWORKS que nos permite hacer una prueba de colisiones o una simulación de FEM⁹, entre otros estudios del diseño que nos pueden revelar problemas que no son evidentes, se debe tener un cierto criterio para realizar los estudios y seleccionar las partes que, como ingenieros consideramos, son críticas. Así se detectan dos oportunidades de mejorar el diseño del concepto:

- 1- El análisis FEM aplicado a la columna y usando los datos que se encuentran en la hoja de datos del clamp (Ilustración VI-7), se reveló un desplazamiento inadmisibles debido a las fuerzas que están interactuando en la columna (Ilustración VI-14) y aunque el análisis establece que dadas las propiedades del material y la forma de la pieza, esta va a resistir no podemos permitir la deformación que se presenta durante el clampeo de la pieza, por lo que se establece que se debe agregar un soporte a la columna que sostiene el clamp, dada la altura que presenta ésta y debido a que el apoyo mecánico va a estar realizando una fuerza de empuje que va a generar un momento sobre la columna.

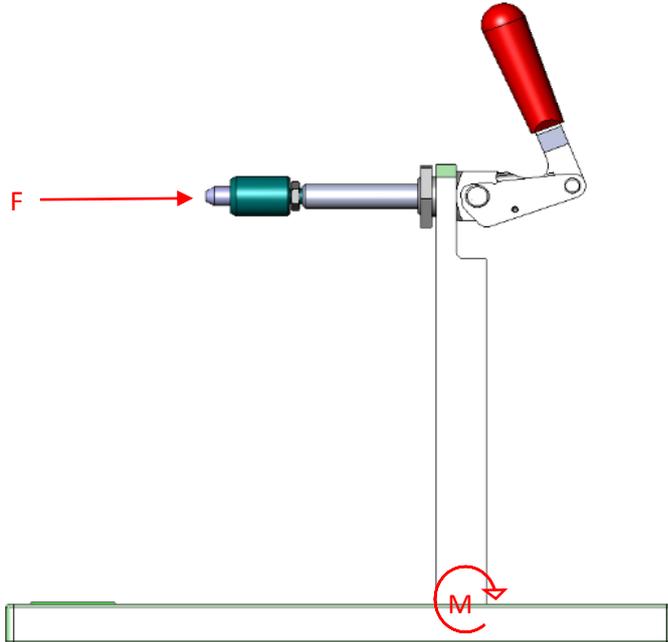


Ilustración VI-14 CAD Diagrama de cuerpo libre de la columna debido al efecto del clamp

⁹ FEM: Por sus siglas en Inglés Finite Element Method (Método del Elemento Finito)

Dado este análisis (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se sabe que debe haber un apoyo que ayude a la columna a distribuir la fuerza ejercida por el clamp que según el catálogo del proveedor son **3110 [N]** la cual es una fuerza bastante considerable, aunque debido al efecto del resorte en la extensión que se añadió va a estar variando la fuerza resultante y por ende el momento final. Así pues diseñamos un soporte (Ilustración VI-16) que ayude a distribuir esta fuerza sobre la columna, las áreas de contacto deben ser grandes, por lo que podemos establecer como sigue el concepto para esta columna.

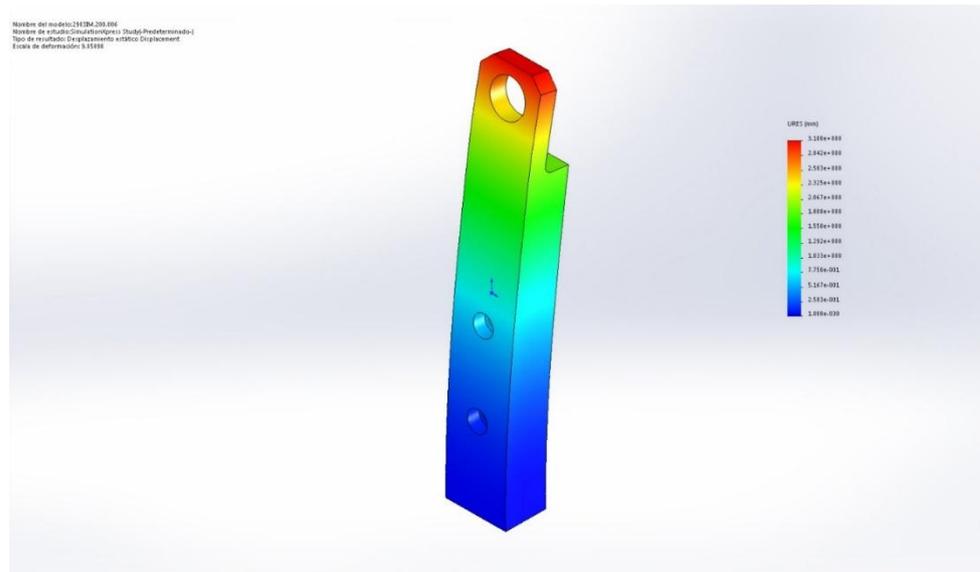


Ilustración VI-15 FEM Desplazamiento por fuerza de clamp en columna

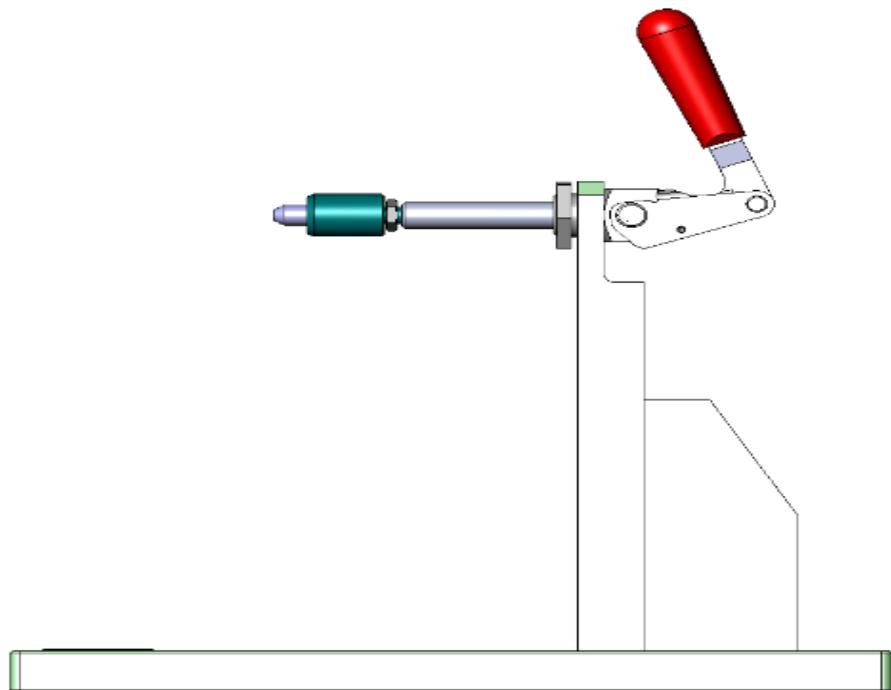


Ilustración VI-16 CAD Soporte diseñado para columna del clamp

De acuerdo al comportamiento de otros diseños utilizando el mismo concepto de columna podemos establecer que va a ser funcional para nosotros.

- 2- La segunda optimización que se le puede hacer al concepto inicial se da en el sistema de columnas que llevan los topes maquinados y el sistema anti giro,(Ilustración VI-17 e Ilustración VI-18) debido a la importancia de mantener en posición esto podemos diseñar una solución para garantizar que estas columnas no pierdan registro, ya que al ser redondas se corre el riesgo de que roten sobre su propio eje y los planos de los asientos queden en ángulo con la cara de la brida del Manifold Intake.

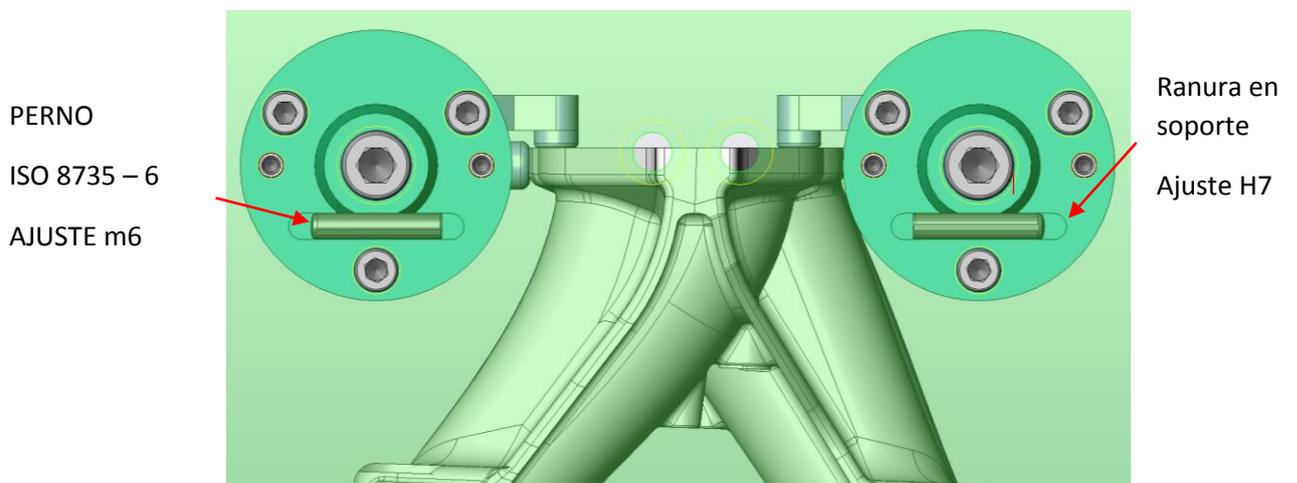


Ilustración VI-17 CAD Sistema para dar posición a columnas

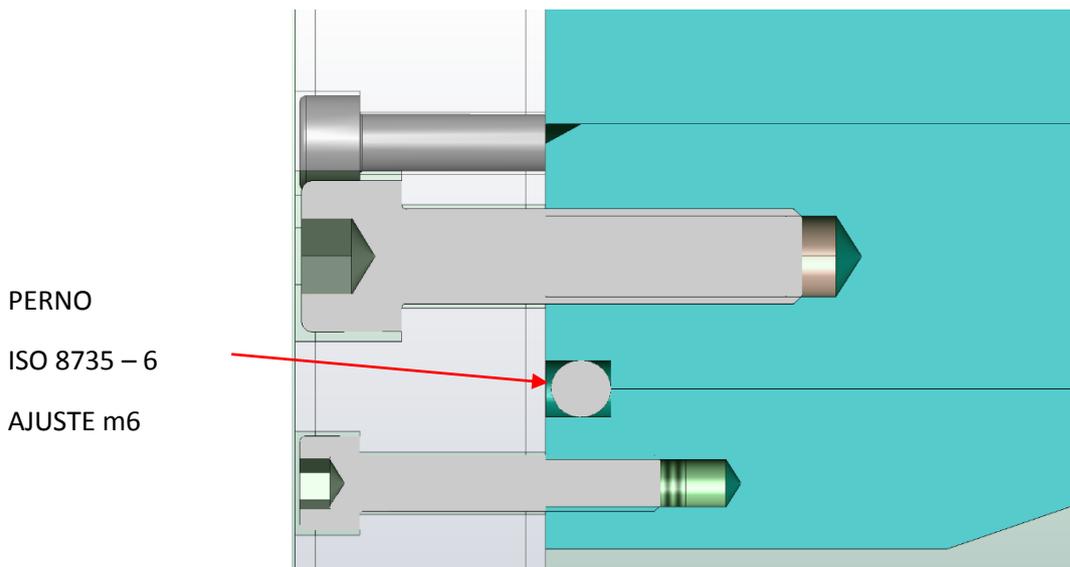


Ilustración VI-18 CAD Corte de sección de sistema anti giro

Con este sistema y dado que tenemos un ajuste en el perno con la ranura deslizante sin juego (H7/m6) garantizamos que no va a haber rotación de la columna y así los planos de los asientos serán siempre paralelos a los de la brida principal del Manifold Intake.

v Evaluación del concepto.

Como parte del procedimiento del taller, a continuación se manda a liberar el diseño con el cliente mediante un correo, para esto se generan archivos en los que el cliente puede visualizar el concepto que hemos generado, DWG, PDF 3D, E-DRAWINGS, etc... una vez que él nos da su visto bueno del diseño, continuamos con la planeación y manufactura del dispositivo.

La información que contienen los documentos generados son vistas del dispositivo así como algunas cotas y notas de referencia, a continuación en la figura 6-19 se observa el plano de liberación que se envió al cliente:

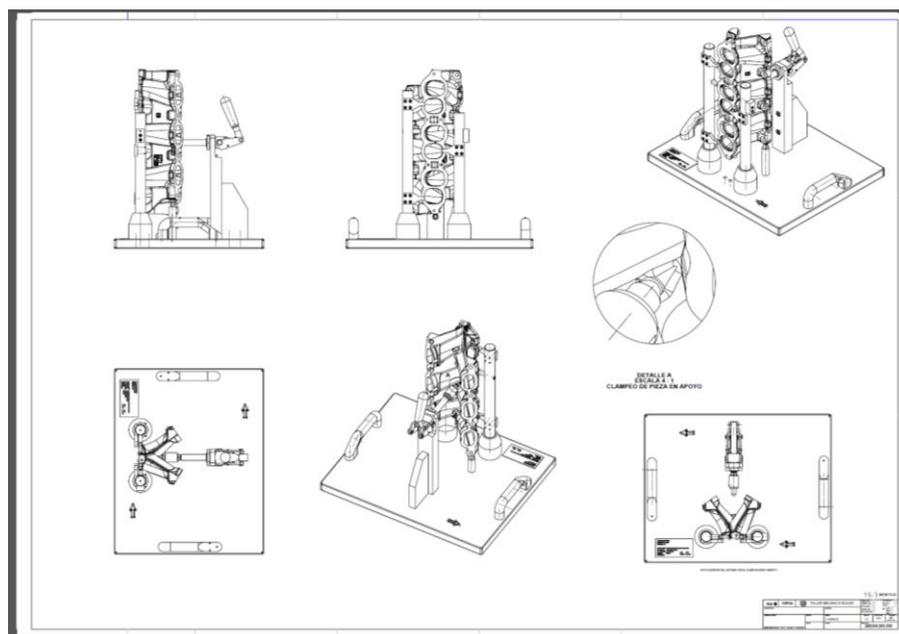


Ilustración VI-19 Ejemplo de documento generado para la liberación del diseño.

En el cual se pueden observar varias vistas del dispositivo y contiene información relevante para el cliente y este nos pueda mandar sus comentarios o en su caso la liberación del diseño. En el PDF no se incluyen detalles como materiales o el tamaño de la tornillería por ejemplo. Se incluyen los componentes de compra que se planearon, en este caso el clamp DESTACO que se va a usar, y por supuesto lo más importante es visualizar como van a interactuar los componentes en el ensamble general, para que el cliente pueda decidir si le es funcional o no.

En la se pueden observar todos los componentes del CAD 3D que se incluyen en posición final para la revisión del cliente.

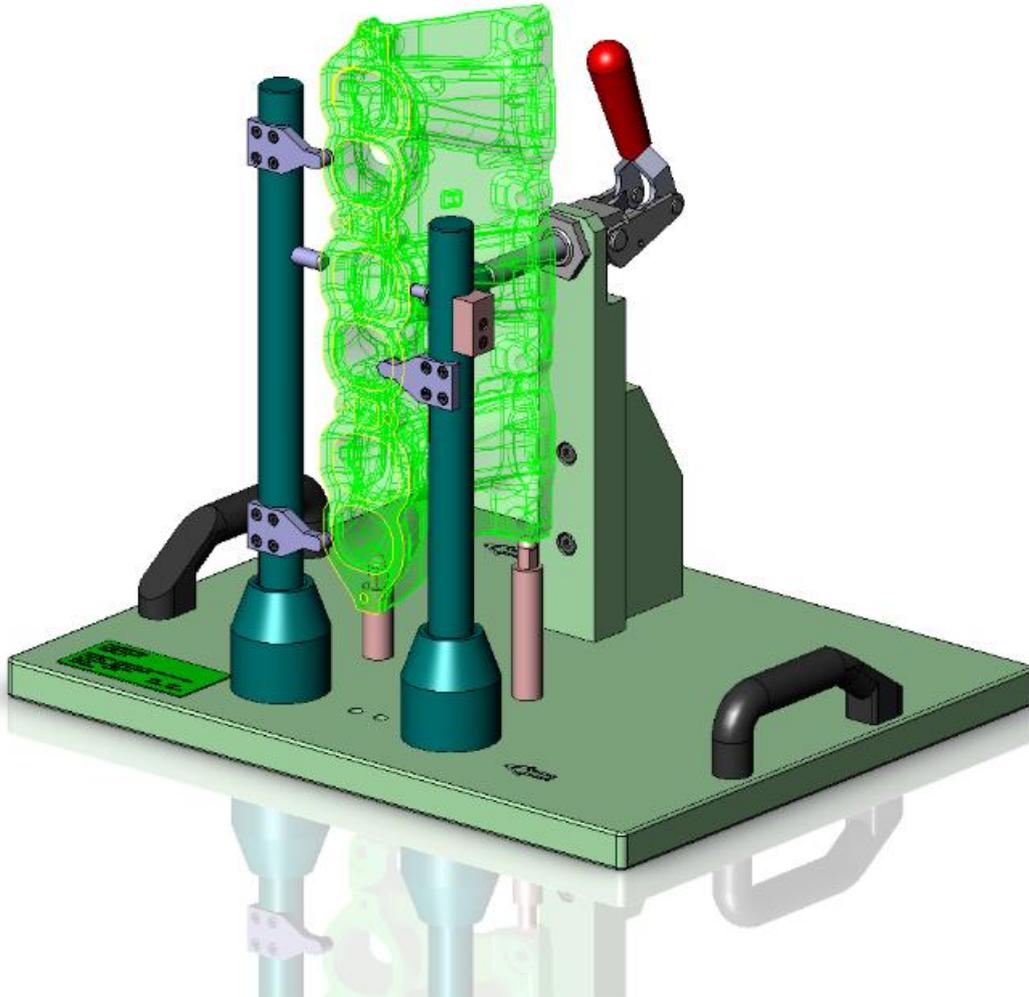
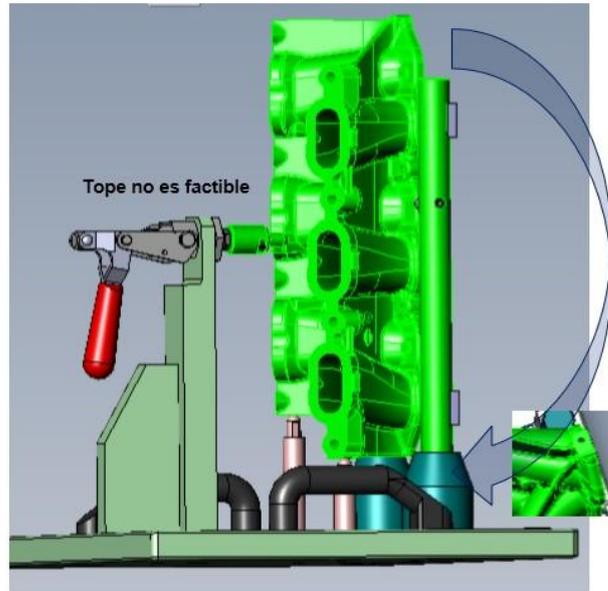


Ilustración VI-20 CAD Primer concepto final con todos los componentes en posición de uso

Para el caso de este dispositivo, el cliente ha enviado ciertas observaciones a las características de nuestro concepto sobre lo que él considera no le es funcional para sus programas y uso de las MMC. En este caso mediante la comunicación vía correo se explican los detalles que le parece deben ser cambiados en el dispositivo para que funcione con ellos. En este punto hay que tomar en cuenta que ellos, que son los usuarios finales del producto, a lo largo de mucho tiempo han acumulado experiencias sobre el mejor funcionamiento de éstos, es nuestra obligación como diseñadores escuchar sus puntos de vista y opiniones sobre lo que podría ser más funcional a este respecto, siempre tomando en cuenta los principios que ya hemos visto anteriormente sobre la ingeniería de estos dispositivos.

El correo de los clientes incluye las siguientes observaciones:



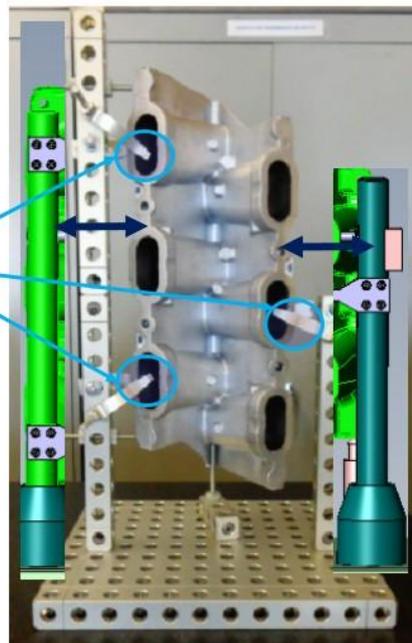
Se requiere la pieza en posición invertida ya que se dificulta verificar el barreno en la parte superior

Detalle de los Clamps

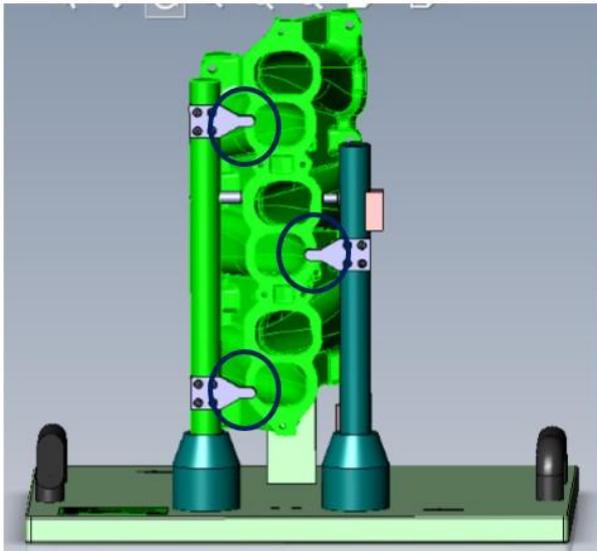
Clamps deben tener la forma de la pieza en la zona de la brida



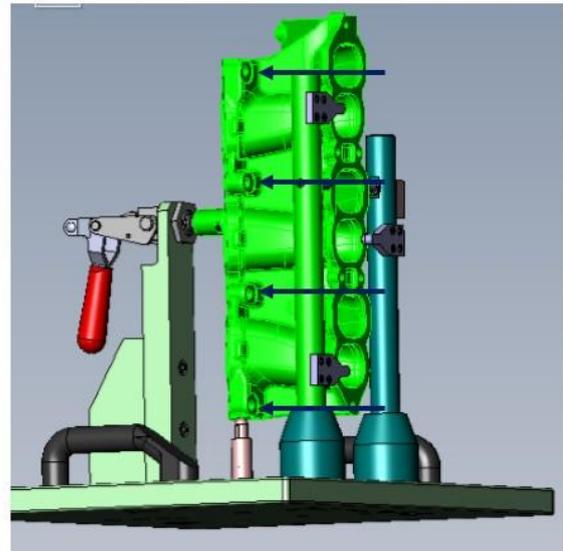
Clamps propuesto con resorte para medir piezas como casting y como maquinado



Postes correctos pero deben estar mas abiertos para tener mas libertad para medir.

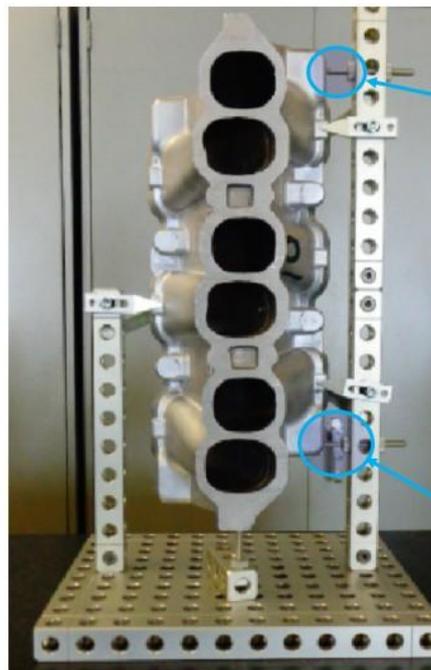


Obstruye la medición del perfil de las gargantas en la brida PPL

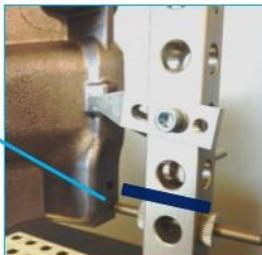


Los topes impiden medir la zona de los barrenos indicados con la flecha

Ayuda de referencia



Centrar tope y bajar ligeramente



Centrar tope y subir ligeramente

Diseñar soportes con caja
Para evitar el movimiento
de la pieza y asegurar que
siempre recarga en el
mismo lado

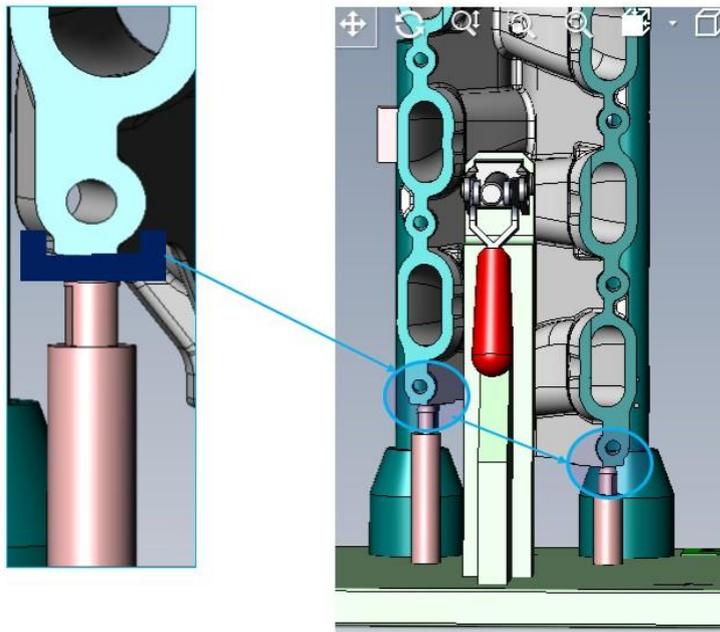


Ilustración VI-21 Conjunto de imágenes de referencia del cliente sobre la revisión del dispositivo.

Una vez recibidas estas observaciones procedemos a analizar y a realizar los cambios correspondientes, debemos ser cuidadosos con lo que ha pedido el cliente y analizar los cambios que está solicitando, como diseñadores no nos podemos permitir que se apliquen estos cambios sin un previo análisis.

vi Iteraciones y liberación del diseño.

De acuerdo a las observaciones y comentarios realizados por el cliente (Departamento de Calidad y Metrología de Lerma) podemos establecer que hay que hacer modificaciones al primer concepto generado, a esto se le conoce como iteraciones ya que tras haber obtenido retroalimentación del cliente se procede a modificar la solución para obtener la más óptima posible.

- Modificaciones a Realizar:

- ✓ Mover Columnas con topes de posición.
- ✓ Rotar el Manifold Intake para invertir posición inferior y superior.
- ✓ Cambiar el sistema de apoyo mecánico y rediseñar éste.
- ✓ Cambiar el tipo de asiento inferior.
- ✓ Agregar un sistema anti giro adicional.

- Analizando las modificaciones:

- ✓ **Mover columnas con topes de posición**, es factible ya que existen otras zonas de apoyo que permiten posicionar la pieza mediante los tacones.
- ✓ **Rotar el Manifold Intake**, el cliente solicitó que se rote el MI por cuestiones de sus targets para medición, esto es factible ya que por las características de la pieza no nos afecta en gran medida, entonces podemos adecuar el diseño sin mayor complicación.
- ✓ **Cambiar el sistema de apoyo mecánico (clampeo) y rediseñar este**, aquí el cliente solicita se cambie el sistema actual de clampeo de un solo clamp a 3, DESTACO U-213 que son muy comunes para los dispositivos de este tipo.
- ✓ El cliente solicitó este tipo de sistema:

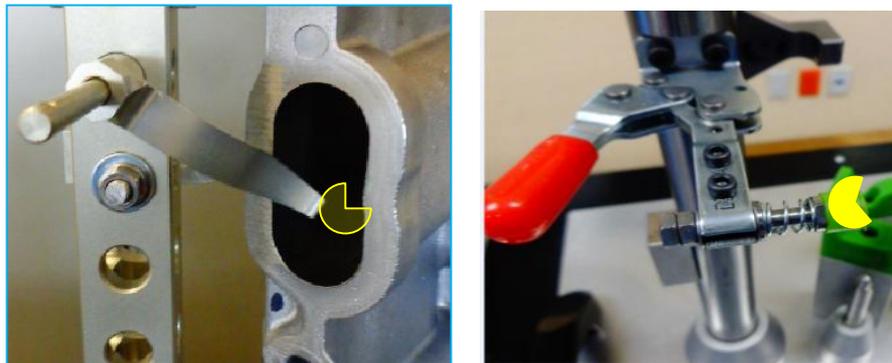


Ilustración VI-22 Propuesta del cliente para el sistema de clampeo.

Haciendo un análisis y considerando las componentes de las fuerzas podemos decir que las modificaciones solicitadas para los clamps no son funcionales dado que por la forma de clampear la pieza puede desplazarse en alguna dirección lo cual no es deseado pues puede alterar el desempeño del dispositivo. Por lo que como diseñador del herramental considero que es mejor si un plano es el que asienta:

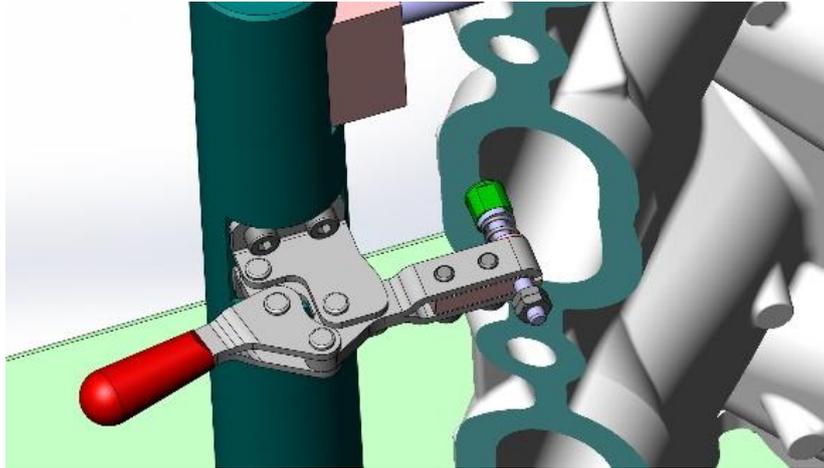


Ilustración VI-23 Clamp U-213 con sistema de capuchón plano

Así esta propuesta se le hace llegar de nuevo al cliente y se le explica por qué la suya no es factible. (Ilustración VI-22 , VI-23 , VI-24)

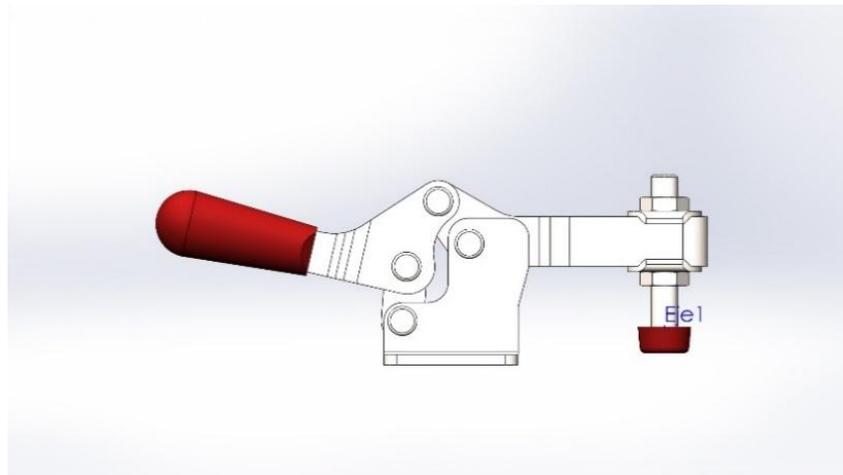


Ilustración VI-24 Clamp DESTACO U-213, CAD ORIGINAL

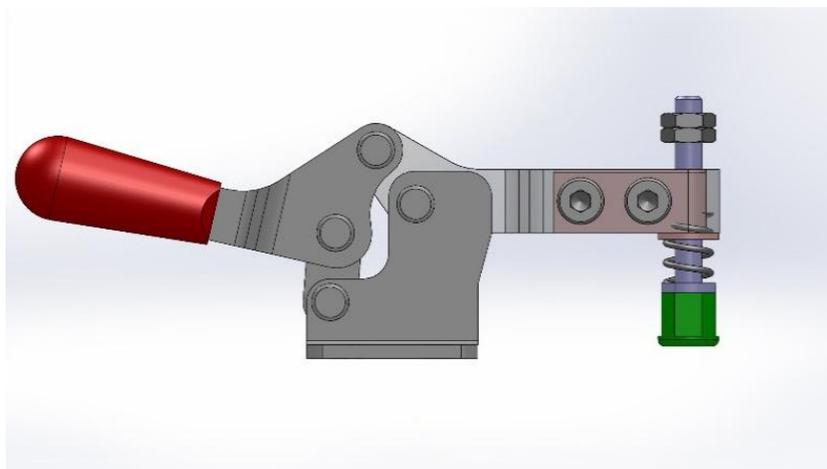


Ilustración VI-25 Clamp DESTACO U-213 con modificaciones

- ✓ **Cambiar el tipo de asiento inferior**, el cliente considera que dos asientos para la parte inferior de la pieza puede alterar a la estabilidad a la hora de repetir mediciones, además como se pidió rotar la pieza, este debe ser modificado.

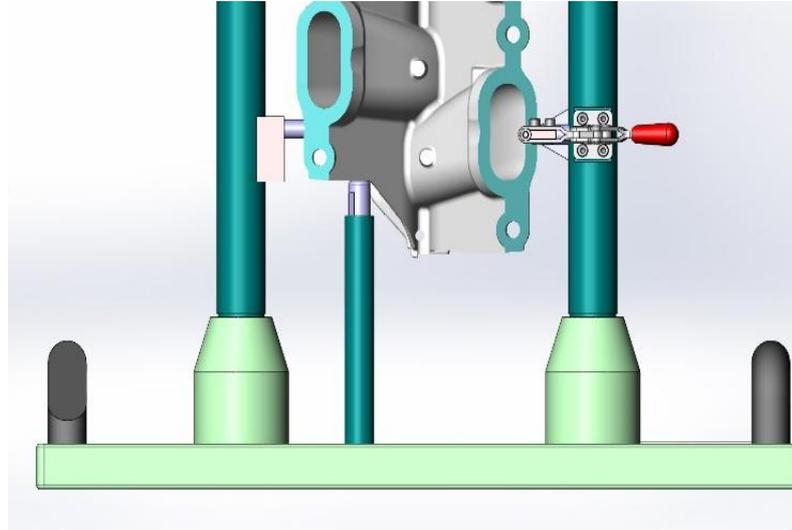


Ilustración VI-26 CAD Rediseño de asiento inferiores

- ✓ **Agregar un sistema anti giro adicional**, Esto dado que por las dimensiones de la pieza, el cliente considera que se debe agregar un sistema anti-giro en la parte inferior de la pieza, igual al que está en el concepto original sólo hay que considerar que las columnas sobre los que va este sistema van a ser cambiadas de posición.

Una vez que se definieron y analizaron todas las modificaciones y consideraciones que el cliente nos hizo llegar, podemos diseñar el nuevo sistema de posicionamiento del Manifold Intake, en la Ilustración VI-28 se muestra cómo quedaría el nuevo concepto para el dispositivo MMC:

El cambio más relevante sin embargo es el que se describe en la siguiente imagen y es que se definió un sistema en el que el apoyo mecánico (clamp) actúa directamente sobre el sistema de asiento, es decir se definieron 3 apoyos mecánicos sobre su correspondiente asiento de manera que quedase lo más concéntrico las líneas de acción uno del otro. En la Ilustración VI-27 se visualiza mejor como quedó el modelo de la propuesta:

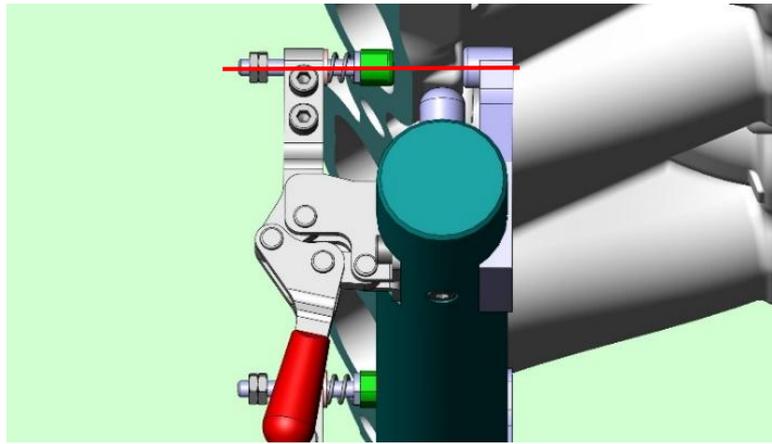


Ilustración VI-27 CAD Nuevo sistema propuesto para los apoyos mecánicos

A continuación se ofrecen las vistas de cómo es que el nuevo concepto quedaría, ya una vez hechas las modificaciones mencionadas.

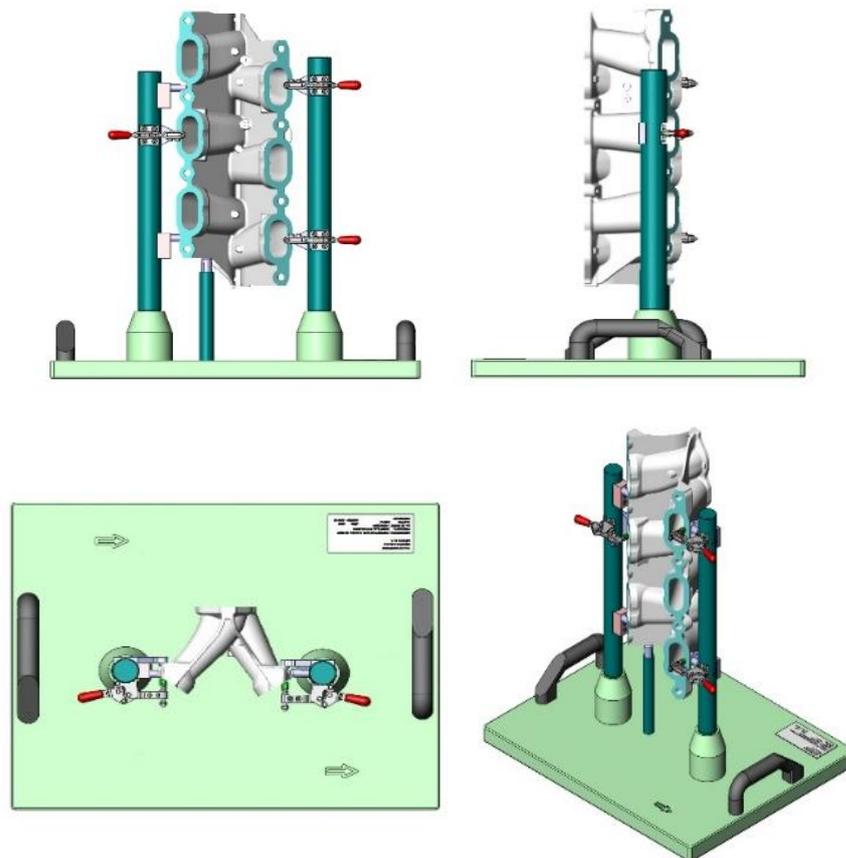


Ilustración VI-28 Vistas del concepto final con las modificaciones solicitadas.

Una vez más se establece comunicación con el cliente y se presenta el nuevo concepto para esperar sus observaciones sobre el nuevo diseño o en su caso la liberación de éste para proceder con la fabricación. Tras enviar de nuevo el concepto, el cliente (Departamento de Calidad y Metrología de Lerma), ha liberado el concepto para realizar la fabricación del dispositivo.

vii Los planos de fabricación.

Como última etapa del proceso de diseño, está la que quizá es la más crucial de todas, generar los planos de fabricación y es que generar planos correctos, que sean entendibles, que expresen lo que queremos como diseñadores que se fabrique y, a su vez, que den a entender los aspectos importantes de una pieza o ensamble es, en mi opinión, una de las tareas más complejas, por chico que sea el ensamble o pocas piezas que éste lleve, los detalles de un plano de fabricación que se tienen que cuidar son muchos y debemos ser conscientes de que una mala interpretación por parte de quien fabricará la pieza puede llevar a un mal dispositivo y echar a perder muchas horas de trabajo.

En el Taller Mecánico existen varios convenios entre diseñadores y fabricantes, estos, aunados a las normas (DIN, NES, ISO, etc...) que se manejan, permite una comunicación más clara y eficiente a través de los planos. Cuestiones como ajustes, tipo de cotas, vistas, etc... permiten que un plano sea más entendible para todo aquel que no ha tenido contacto con la pieza y es precisamente en este lugar en el que como diseñadores nos debemos poner, imaginar cómo sería si nosotros no supiéramos nada de cómo es la pieza a fabricar o si no supiéramos para qué va a servir y determinar si el plano que estamos haciendo nos da suficiente información para una manufactura correcta, así como el diseñador la imaginó.

En este punto es importante entender que **lo más importante en una pieza o ensamble no es el CAD 3D, es el plano 2D el que define por completo a una pieza o ensamble**, ya que nos dice cómo son sus tolerancias de fabricación, así como sus consideraciones de maquinado o de ensamble.

Éstos son algunos de los aspectos generales acerca de cómo se hacen los planos de fabricación, como se puede observar estos planos están acotados con coordenadas porque para los programadores CNC es más práctico pues pueden ubicar fácilmente el cero de la pieza y, para, por ejemplo acotar roscas o barrenos de posición que, en este caso, son muy importantes de controlar. Por otro lado en el convenio que se tiene con la gente de maquinado establecemos que en cuanto a tolerancias si no está “indicada” en la cota se tomará el criterio de si la cifra $0 = \pm 1$, $0.0 = \pm 0.1$, $0.00 = \pm 0.01$ [mm]. Así si una cota esta hasta los centésimos de milímetro la tolerancia será de ± 0.01 lo cual es una medida a controlar por el programador del centro de maquinado.

Con respecto a los planos de ensamble, son también muy importantes ya que, bien hechos, nos permiten visualizar como interaccionan las piezas en el ensamble, nos da información sobre qué pieza es tal y en qué posición se debe poner, por otro lado los planos de ensamble son planos que usa por ejemplo, la gente de metrología para determinar si el ensamble está en posición como el diseñador la mando fabricar. Además podemos determinar en qué posición se usa la pieza para la que fue diseñado el herramental, en este caso el Manifold Intake.

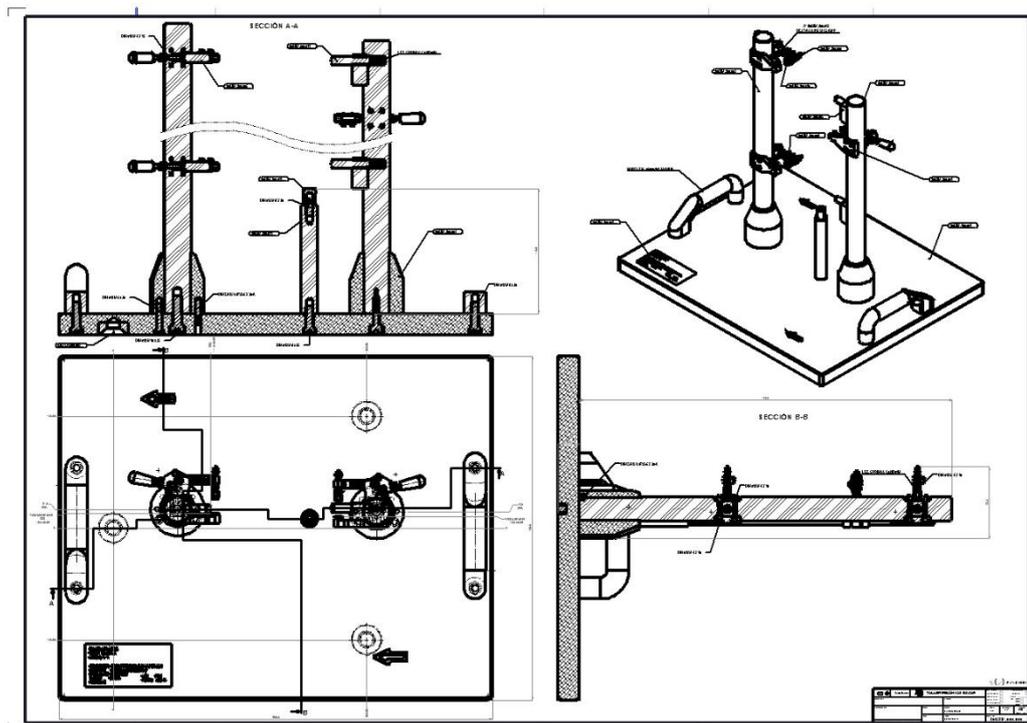


Ilustración VI-30 Plano 2D con piezas señaladas para ensamble y medidas de referencia.

En estos planos también se utilizan algunos cortes sobre todo porque se deben mostrar los tornillos o elementos de sujeción como tuercas que muchas veces quedan ocultos en otras vistas, pero lo más importante en este caso es que se acote la posición con respecto a un cero en el ensamble de las piezas cruciales, como los asientos, o los tacones ya que estas cotas son

las que se deben controlar en el ensamble de los medios de control, a pesar de que por ejemplo en el caso de los tacones dejamos unas tolerancias controladas en el dibujo de ensamble indicamos que necesitamos que se controle cierta distancia contra algún cero específico del ensamble para que la gente de ajuste con este respecto ajuste estas distancias y sea funcional al 100% el dispositivo.

Un buen plano asegura entendimiento para maquinar la pieza lo que le da la certeza de que la pieza va a estar hecha a como nosotros los diseñadores pensamos para hacer más funcional.

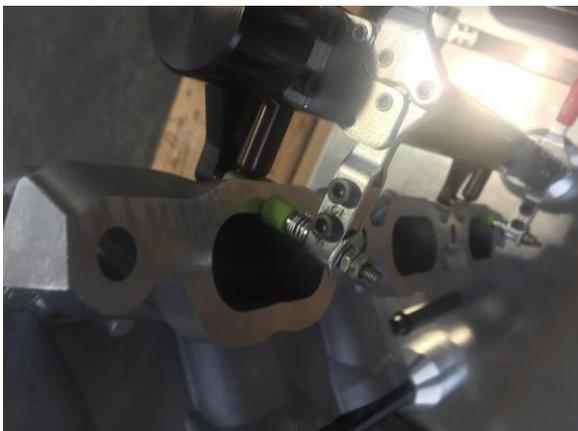
En el anexo de este documento se pueden encontrar más ejemplos de los planos de fabricación.

viii El dispositivo fabricado y liberado

Los planos generados de fabricación y ensamble pasarán por las diversas áreas del taller, primero a planeación donde se lanzan las órdenes de compras de materiales, desde el acero, el aluminio hasta los elementos como los clamps que hay que mandar pedir a DESTACO®, una vez que el material en bruto está listo y cortado hasta una medida apropiada el área de maquinado empieza el maquinado en las fresas o tornos con los que cuenta el taller, así todas las piezas fabricadas lleguen al área de ajuste donde será ensamblado de acuerdo a los planos de ensamble generados en el departamento de diseño.

Es importante mencionar aquí que el Taller Mecánico cuenta con un área de metrología que lleva a cabo el control de piezas o ensambles como en este caso que verifica la posición de los asientos y los tacones, de igual manera contra las cotas que el diseñador ha puesto en los planos.

Así pues el dispositivo es ensamblado y liberado por parte de metrología del taller, es entonces embalado para su transporte al cliente. El dispositivo fue terminado y aprobado por el área de metrología interna del taller, cabe mencionar que durante los procesos de maquinado y ensamble, el dispositivo no sufrió ninguna modificación respecto al diseño que fue entregado a estas áreas. En la Ilustración VI-31 a continuación se presenta el dispositivo físicamente terminado.



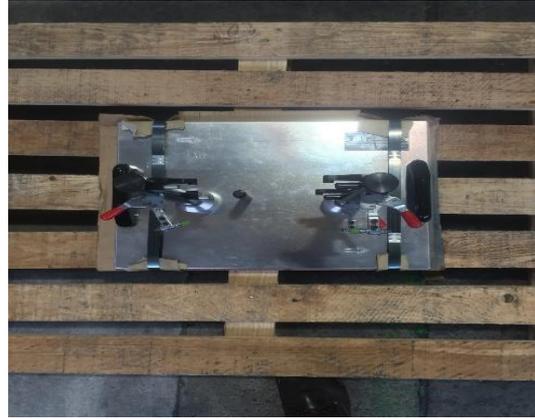
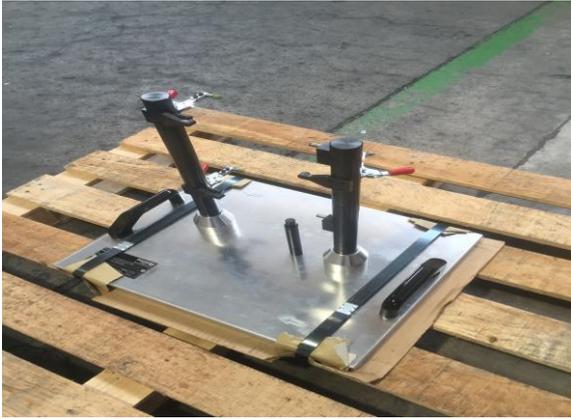


Ilustración VI-31 Dispositivo, fabricado, ensamblado y liberado.

El departamento de metrología, quien tiene un procedimiento establecido para la evaluación y aceptación del dispositivo, es importante que como diseñadores conozcamos cómo funciona dicho procedimiento pues debemos tenerlo en cuenta para el diseño de este tipo de dispositivos.

En su manual de procedimientos el departamento de Metrología, establece que para la aceptación de un dispositivo MMC de este tipo se debe llevar a cabo una “prueba R&R” que es una prueba de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R). El método de R&R de promedios y rangos nos permite un estimado de la Repetibilidad y reproducibilidad para un sistema de medición. La cantidad de muestra es de 10 piezas, se requiere el apoyo de 3 evaluadores y 3 intentos para cada evaluador.

El análisis estima la variación y el porcentaje de la variación del proceso para el sistema de medición total y sus componentes de Repetibilidad y reproducibilidad. Estos análisis deben ser completados con el resultado gráfico.

Los criterios para saber si la variabilidad de un sistema de medición es satisfactoria, dependen del porcentaje de la variabilidad del proceso o de la tolerancia de la parte que es consumida por la variación del sistema de medición.

VII Conclusiones

Este trabajo me ha dejado una lección muy importante que muchos ingenieros deberían conocer, diseñar involucra tomar una inmensa cantidad de factores y restricciones en cuenta para solucionar un problema de tal manera que ataque la o las principales problemáticas y porque no, de oportunidades de mejora.

Me ha hecho consciente que en la industria, el tiempo de diseño es de las actividades de mayor costo, la toma de decisiones, el análisis de ingeniería las consideraciones del cliente, el análisis de restricciones, la optimización del diseño, etc... involucra cierto tiempo, tiempo en el cual no se pueden hacer otras actividades como maquinados, compras o ajustes.

Lo principal, este trabajo me ha enseñado que en una fábrica con un proceso como el del taller mecánico en el que se hace herramental especializado desde el diseño hasta la implementación es crucial que los diseñadores conozcan el proceso a fondo ya que debemos entender que somos responsables de toda la cadena de procesos consiguientes y de mucho de nuestro trabajo depende que tan barato o caro sea un herramental, que tan sencillo o difícil va a ser lograr terminarlo y si va a ser funcional o no.

Me ha enseñado que lo que yo me puedo tardar treinta o cuarenta minutos en modificar o agregar en el software CAD, se convierten en una o dos horas para programación CAM y bastantes horas para maquinado y otro tanto tiempo más para ajuste, porque el número de actividades que involucran estas otras actividades es mucho mayor, esto es algo que debo tener siempre en mente, ya que como yo lo considero, mi trabajo más importante no es hacer diseños de cosas que se me ocurran, es mas bien reducir la mayor cantidad de costos posibles y desde el área en la que laboro tengo una gran posibilidad de esto pues son mis responsabilidad muchas decisiones que van a guiar el resto del trabajo del taller.

Diseñar es una actividad que mucho más allá de dibujar en 3D o 2D representa una responsabilidad enorme, es conocer un gran número de variables y saberlas afrontar e incluir en el diseño. El diseñador debe tener pericia para poder tomar en cuenta no solo lo que ve en primera instancia si no estar consciente de que cada decisión que él tome va a afectar de una forma u otra a las demás personas involucradas en el proceso, incluyendo clientes y usuarios finales. La experiencia, las distintas actividades, y muy importante, los errores, le dan al ingeniero de diseño la habilidad de poder resolver diseños de manera que se satisfagan las necesidades del cliente y, porque no, que se presenten mejoras.

Personalmente siendo mi primer experiencia profesional trato de aprovechar todas y cada una de las experiencias que tengo día con día en el trabajo así como de la experiencia que los demás personas en mi trabajo tienen, considero que es una forma de acelerar la curva de aprendizaje, ver de cerca como los programadores hacen las piezas manufacturables, cómo los operadores preparan las máquinas para poder pasar la fresa o un buril sobre la pieza que diseñamos, en fin el diseño y hablando del tipo de diseño que desarrollo en mi trabajo es todo un mundo que emociona poder seguir descubriendo.

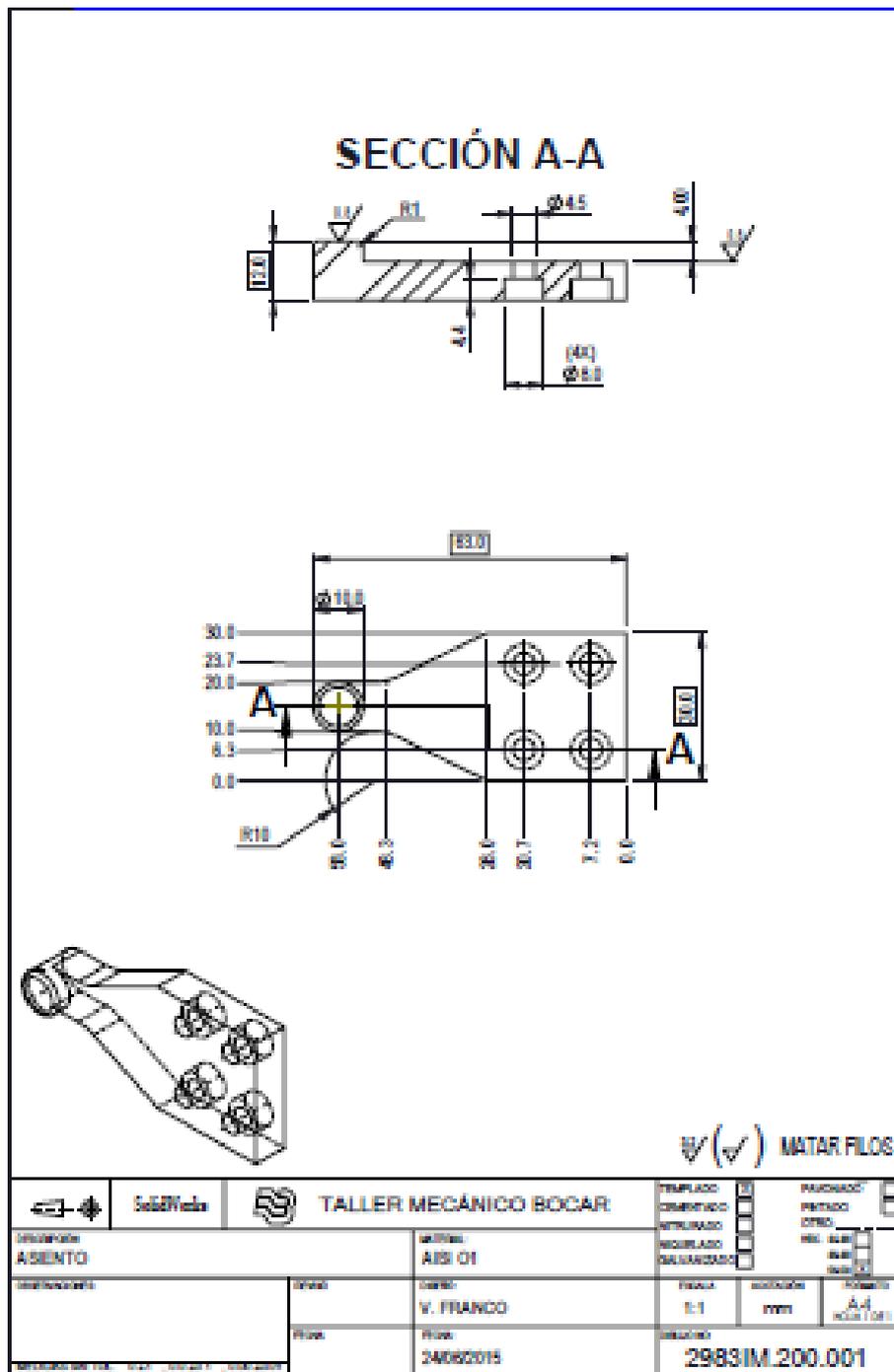


Ilustración VIII-3 Plano de fabricación de los asientos

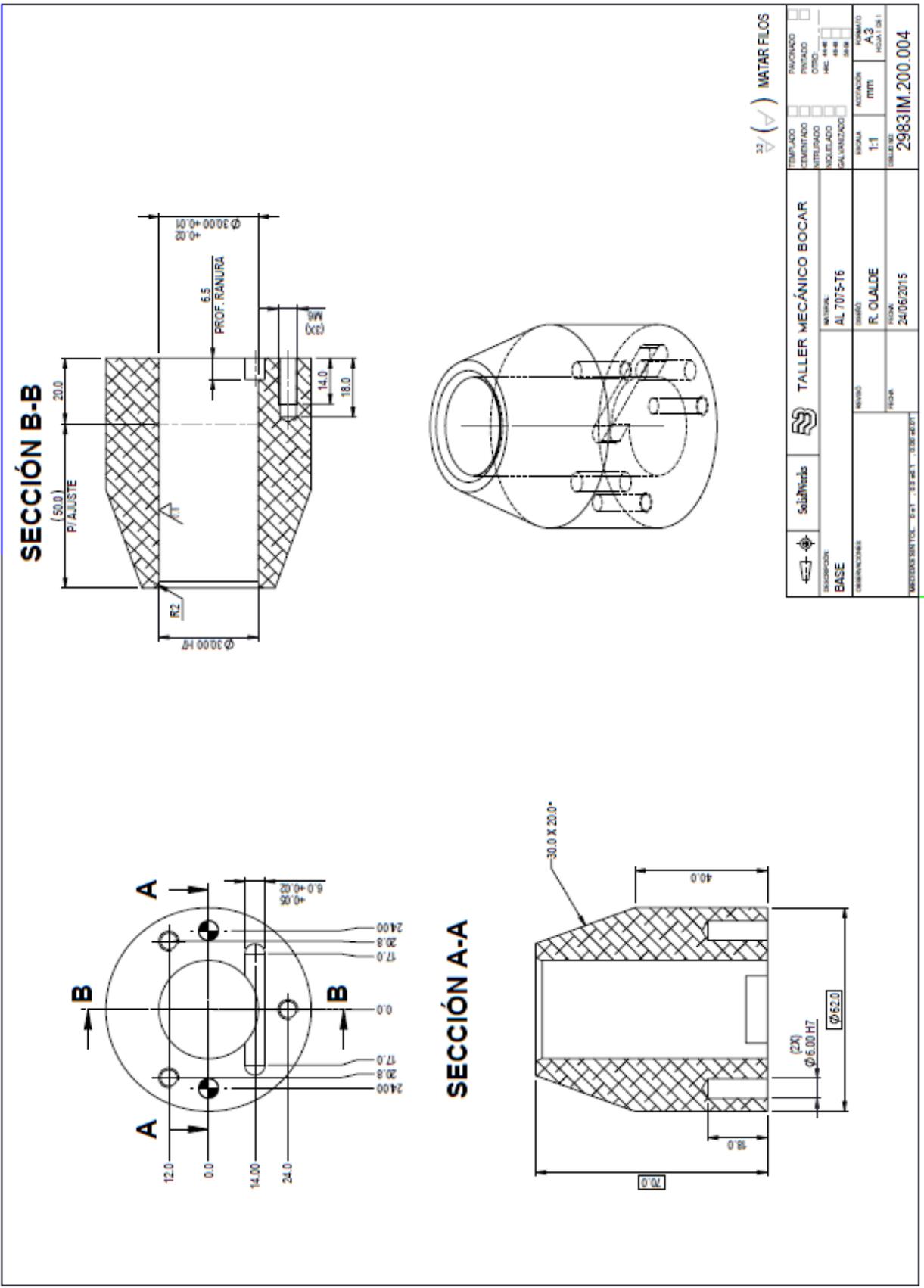


Ilustración VIII-4 Plano de fabricación de base para columnas.

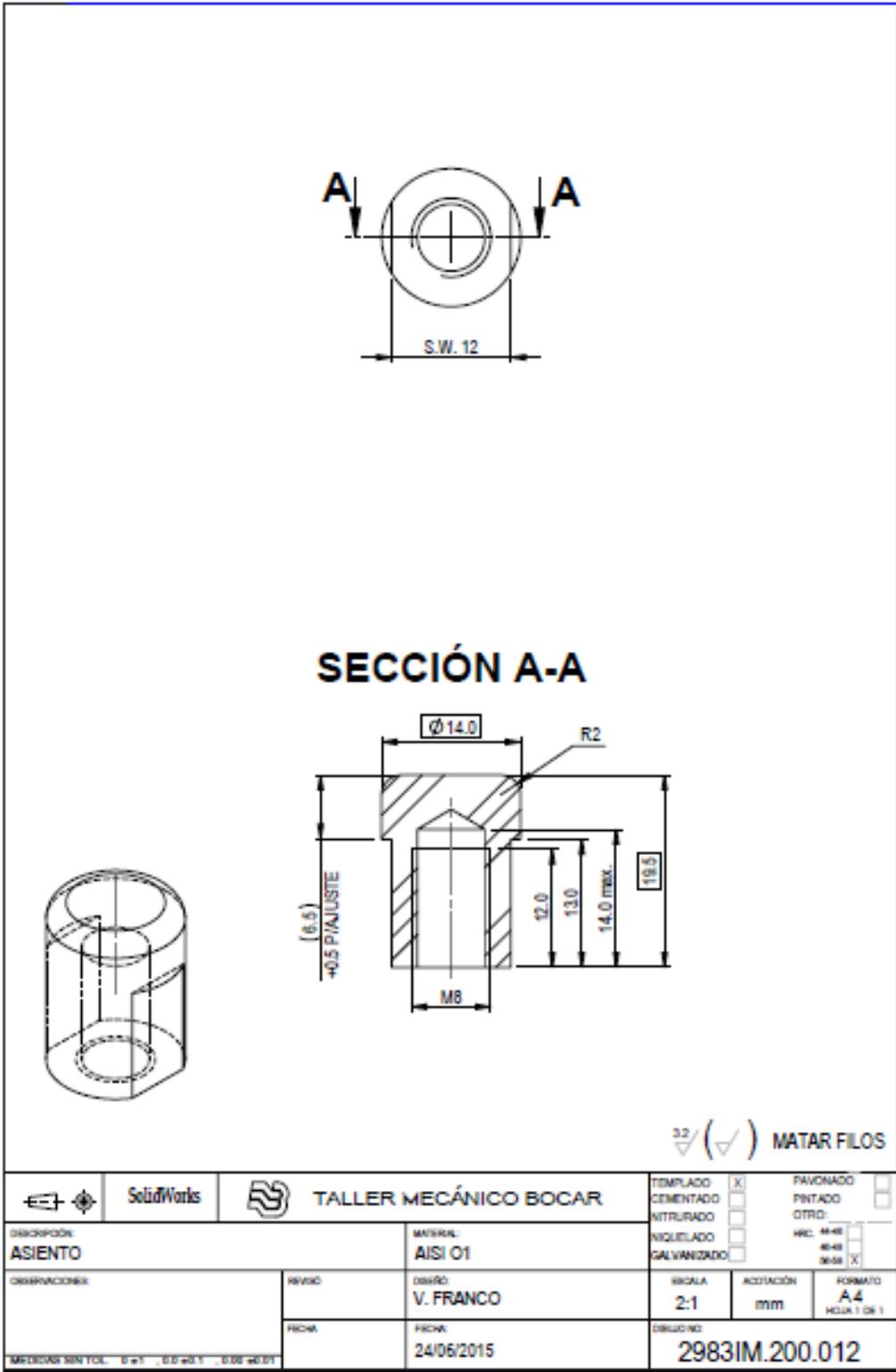


Ilustración VIII-6 Plano de fabricación de asiento para parte inferior.

IX Bibliografía y referencias

© Hexagon Metrology. (2006). Obtenido de Hexagon Metrology: <http://www.hexagonmetrology.es/>

Anujin, V. (2007). *Ajustes y Tolerancias*. Piter.

C.V., B. S. (2015). *BOCAR GROUP*. Obtenido de <http://www.BOCAR®.com.mx/es-es/home/nosotros/intro.aspx>

Giancoli. (2001). Física. En Giancoli, *Física 6ta. Edicion* (6ta ed., pág. 183). Mc Graw Hill.

Joseph Edward, C. R. (2001). *Diseño en Ingeniería Mecánica*.

XspectSolutions. (2007). *XspectSolutions*. Obtenido de <http://www.xpectsolutions.com/CMM-History.aspx>

i Índice de Ilustraciones

Ilustración III-1 LOGOTIPO DE BOCAR GROUP	8
Ilustración III-2 Pirámide BOCAR	12
Ilustración IV-1 Logotipo de la DIN	23
Ilustración IV-2 Tipos de MMC (© Hexagon Metrology, 2006)	26
Ilustración IV-3 Configuración de las MMC tipo Puente	26
Ilustración IV-4 Configuraciones de las CCM tipo cantiléver	27
Ilustración IV-5 Configuración de palpador con puntas de Rubí	27
Ilustración VI-1 Imagen del concepto que maneja Lerma	37
Ilustración VI-2 Modelo 3D de Pallet Estándar usado en las MMC	38
Ilustración VI-3 CAD Posición relativa de Manifould Intake con Respecto al Pallet	39
Ilustración VI-4 Esquema de los grados de libertad geometricos	40
Ilustración VI-5 CAD Vista del Manifould Intake y el triángulo teorice de apoyo	45
Ilustración VI-6 Columna diseñada para el soporte de los asientos	46
Ilustración VI-7 Hoja de datos de clamp 624 - MM de la página de DESTACO®	47
Ilustración VI-8 Posición del clamp en el pallet	48
Ilustración VI-9 Detalle del sistema de clampeo	49
Ilustración VI-10 CAD Soporte diseñado para el clamp	49
Ilustración VI-11 Asiento con cabeza redondeada	50
Ilustración VI-12 Sistema anidesplazamiento lateral	51
Ilustración VI-13 Concepto final (vista sin Manifould Intake)	52
Ilustración VI-14 CAD Diagrama de cuerpo libre de la columna debido al efecto del clamp	53
Ilustración VI-15 FEM Desplazamiento por fuerza de clamp en columna	54
Ilustración VI-16 CAD Soporte diseñado para columna del clamp	54
Ilustración VI-17 CAD Sistema para dar posición a columnas	55
Ilustración VI-18 CAD Corte de sección de sistema anti giro	55
Ilustración VI-19 Ejemplo de documento generado para la liberación del diseño.	56
Ilustración VI-20 CAD Primer concepto final con todos los componentes en posición de uso	57
Ilustración VI-21 Conjunto de imágenes de referencia del cliente sobre la revisión del dispositivo.	60
Ilustración VI-22 Propuesta del cliente para el sistema de clampeo.	61
Ilustración VI-23 Clamp U-213 con sistema de capuchón plano	62
Ilustración VI-24 Clamp DESTACO U-213, CAD ORIGINAL	62
Ilustración VI-25 Clamp DESTACO U-213 con modificaciones	62
Ilustración VI-26 CAD Rediseño de asiento inferiores	63
Ilustración VI-27 CAD Nuevo sistema propuesto para los apoyos mecánicos	64
Ilustración VI-28 Vistas del concepto final con las modificaciones solicitadas.	64
Ilustración VI-29 Ejemplo de un plano 2D y algunas de las partes que lo componen.	66
Ilustración VI-30 Plano 2D con piezas señaladas para ensamble y medidas de referencia.	67

<i>Ilustración VI-31 Dispositivo, fabricado, ensamblado y liberado.</i>	69
<i>Ilustración VIII-1 Dibujo de Ensamble con las medidas a controlar y las piezas identificadas.</i>	72
<i>Ilustración VIII-2 Plano de fabricación de placa base sobre la que va el resto de las piezas del dispositivo.</i>	73
<i>Ilustración VIII-3 Plano de fabricación de los asientos</i>	74
<i>Ilustración VIII-4 Plano de fabricación de base para columnas.</i>	75
<i>Ilustración VIII-5 Plano de fabricación de la columna que lleva los empujadores.</i>	76
<i>Diagrama III-1 Flujo de trabajo del T.M.</i>	15
<i>Diagrama VI-1 Proceso de diseño general en la industria</i>	33
<i>Diagrama VI-2 Proceso de diseño empleado por el taller Mecánico en su departamento de diseño.</i>	34
<i>Tabla III-1 VALORES BOCAR DIFINIDOS POR LA COMPAÑIA</i>	12
<i>Tabla III-2 Descripción del puesto</i>	17