CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN MATERIALES AVANZADOS S.C.
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

" DISEÑO DE EQUIPO DE DEPOSICIÓN POR ASPERSIÓN PIROLÍTICA, PARA APLICACIÓN EN CELDAS SOLARES"

TÉSIS QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN ENERGÍAS RENOVABLES CON LA ESPECIALIDAD DE SOLAR FOTOVOLTAICA PRESENTAN:

Luis Alfonso Ruiz Aguirre

Jaime Cano Ramírez

Director de Tesis:

Dr. José Alberto Duarte Moller.

Chihuahua, Chih. Noviembre del 2012

Agradecimientos y Reconocimientos

Índice.

Índice. **1**

Índice de Tablas y Figuras **2**

Tablas **2**

Figuras **2**

Resumen. 4
Introducción. 5
Hipótesis. 7
Objetivo General. 8
Objetivos particulares. 9
Capitulo I. Antecedentes y algunos conceptos básicos. **10**

1.1 Antecedentes. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Capitulo II. Metodología experimental. **20**

2.1 Metodología a seguir. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.2 Introducción al desarrollo de la síntesis de cristales. . **¡Error! Marcador no definido.**
2.3 Crecimiento de cristales en solución por medio de la técnica de evaporación a temperatura ambiente. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.4 Determinación de la solubilidad. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.5 Preparación de las soluciones. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.5.1 Preparación de la solución de glicina-$NANO_3$. .... **¡Error! Marcador no definido.**
2.5.2 Preparación de la solución de L-Arginina H_3PO_4. .... **¡Error! Marcador no definido.**
2.6 Caracterización. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.6.1 Observación por medio de microscopia óptica. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.6.2 Caracterización por medio de espectroscopia infrarroja. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.6.3 Caracterización por espectroscopia ultravioleta-visible. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.6.4 Caracterización por difracción de Rayos X. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.6.5 Observación por medio de microscopia electrónica de barrido. **¡Error! Marcador no definido.**
2.6.6 Análisis termo-gravimetrico (TGA) y térmico-diferencial (DTA). **¡Error! Marcador no definido.**
2.7 Monitoreo de temperatura y pH. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Capitulo III. Resultados y discusión de la caracterización de los Cristales. . **47**

3.1 Caracterización por medio de microscopia óptica. 47
3.2 Caracterización por medio de microscopia electrónica de barrido. .. **¡Error! Marcador no definido.**

3.3 Caracterización por medio de espectroscopia infrarroja. **¡Error! Marcador no definido.**
3.3.1 Análisis IR para cristales de Glicina-$NaNO_3$. .....**¡Error! Marcador no definido.**
3.3.2 Análisis IR para cristales L-Arginina-H_3PO_4. .....**¡Error! Marcador no definido.**
3.4 Caracterización por espectroscopia ultravioleta-visible.. **¡Error! Marcador no definido.**
3.4.1 Análisis UV para Cristales Glicina-$NaNO_3$ (GSN). ... **¡Error! Marcador no definido.**
3.4.2 Análisis UV para Cristales L-Arginina – H_3PO_4 (LAP). ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.5 Caracterización por difracción de Rayos X.**¡Error! Marcador no definido.**
3.5.1 Caracterización por difracción de Rayos X para cristales Glicina-$NaNO_3$. **¡Error! Marcador no definido.**
3.5.2 Caracterización por difracción de Rayos X de los cristales de L-Arginina-H_3PO_4. .....**¡Error! Marcador no definido.**
3.6 Análisis termo-gravimetrico (TGA) y termico-diferencial (DTA). ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.6.1 Análisis TGA y DTA para Cristales Glicina-$NaNO_3$ (GSN). ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.6.2 Análisis TGA y DTA para cristales L-Arginina-H_3PO_4 (LAP). .... **¡Error! Marcador no definido.**
Conclusiones. 1

Índice de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla 1. Radicales típicos de un aminoácido. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 2. Ventajas y desventajas de la técnica de crecimiento de cristales por evaporación a temperatura ambiente. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 3. Solubilidad a diferente temperatura para las distintas mezclas de precursores. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 4. Composición molar en peso y temperatura de preparación para las soluciones. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 5. pH medido para las soluciones. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6 Monitoreo de la temperatura. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 7. Energía de las transiciones electrónicas en los cristales. **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 8. Parámetros de red teóricos y experimentales. .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figuras

Figura 1. Medición experimental para una muestra del SHG. ..**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 2. Cristales de Niobato de litio fabricados por Deltronic Crystal Industries. Inc. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 3. Moduladores electro-ópticos fabricados por Linos photonics Inc. ... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 4 (*) Carbono alfa o centro quiral. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 5 Estructura de la glicina. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 6.Estructura de la L-Arginina. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 7. Diagrama de flujo de la metodología a seguir. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 8. Adición de precursores al disolvente. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 9. Solución en la que se encuentran moléculas e iones. .... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 10. Embriones formados en la solución. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 11. Influencia del tamaño de partícula sobre la saturación de la solución. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 12. Precipitación de cristales en la solución. .**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 13. Curva de solubilidad para las diferentes molaridades. . **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 14. Probable mecanismo de reacción para la formación de Cristales de Glicina-Nitrato de Sodio. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 15. Probable mecanismo de reacción para la formación de Cristales de L-Arginina – H_3PO_4. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 16. Diagrama de flujo de las técnicas de caracterización. .. **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 17. Cristal de Glicina-$NaNO_3$. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 18. Cristal de L-Arginina – H_3PO_4. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 19. Crecimiento de cristales en forma de racimo presentado en las soluciones. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 20. Imagen obtenida por Microscopia electrónica de GSN. **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 21. Vértice de Cristal Glicina-Nitrato de Sodio. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 22. Imagen obtenida por microscopia electrónica de LAP. **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 23. Micrografía del vértice de un cristal de LAP. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 24. Espectro IR del precursor glicina. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 25. Espectro IR del precursor $NaNO_3$. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 26. Espectro de IR para cristales de GSN. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 27. Espectro IR para cristales LAP. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 28. Espectro de IR para cristales LAP. .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 29 . Espectro de UV-Vis para cristales de GSN. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 30 . Espectro de UV-Vis para cristales de LAP. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 31. Patrón de Rayos X del precursor Glicina.**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 32. Patrón de Rayos X del precursor $NaNO_3$. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 33. Patrones de difracción de la fase monoclínica (Grupo espacial Cc) para los cristales de Glicina-$NaNO_3$. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 34. Estructura de los Cristales de Glicina-$NaNO_3$, los átomos de Na se muestran color naranja, O rojo, C azul, N verde y H blanco. . **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 35. Patrón de Rayos X del precursor L-Arginina. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 36. Patrones de difracción de la fase monoclínica (Grupo espacial $P12_11$) para los cristales de L-Arginina. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 37. Estructura en 3D de los Cristales de L-Arginina – H_3PO_4. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 38. Curvas DTA y TGA para cristales de GSN.....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 39. Difractograma de los cristales calcinados de GSN..**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 40. Curvas DTA y TGA para cristales LAP.....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 41. Difractograma para cristales calcinados de LAP.....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 42. Cristales pulidos de GSN y LAP.....**¡Error! Marcador no definido.**

Resumen.

El presente trabajo de investigación y diseño arroja como producto principal el modelo sólido y los planos de fabricación de un equipo de deposición por aspersión pirolítica (SPD), para depositar películas delgadas nanoestructuradas de TiO_2 que tiene la característica de servir para otras diversas aplicaciones, innovando en su disposición o arquitectura al ser robusto y no improvisado, cubriendo la necesidad de contar con tecnologías propias para la fabricación de celdas FV.

Introducción.

Es conocida la importancia creciente que tiene el empleo de las fuentes renovables de energía debido al agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y a los daños medioambientales que produce el ritmo actual del consumo de estos. La conversión directa de la radiación solar se destaca por ser esta fuente la más ampliamente distribuida en el planeta, además de ser prácticamente inagotable. La energía fotovoltaica, o sea, la transformación directa en energía eléctrica a través del uso de las celdas solares, reviste gran importancia futura y resulta muy atractiva. Por todo lo anterior, las celdas solares, elemento clave en los sistemas fotovoltaicos, son intensamente investigadas

La competencia a nivel mundial entre las industrias es cada vez más fuerte y es por eso que hasta la más pequeña de ellas tendrá que incrementar su nivel de automatización para competir.
Disminuir los costos de producción e incrementar la calidad no son los únicos dos problemas que resuelve la automatización, además evita realizar trabajos peligrosos o dañinos para el ser humano y facilita el trabajo en lugares y ambientes hostiles. De esta manera es posible disminuir los accidentes tan comunes que existen, normalmente actividades de alto riesgo y que producen grandes pedidas económicas además de poder conservar la salud de los trabajadores evitando el trabajo en ambientes hostiles tales como: cambios bruscos de temperatura,exceso de humedad o inhalación de vapores y gases peligrosos.
En México es necesario apoyar la investigación y el desarrollo de proyectos de automatización para la industria y los centros de investigación. México no puede depender solo de la tecnología extranjera, ya que esta es muy cara, solo crea dependencia, y además es tecnología que se puede desarrollar en México. Existe un considerable retraso en la tecnología mexicana; sobre todo en el área de automatización, por eso son importantes los proyectos enfocados hacia esta área.

Los robots son sistemas mecánicos que se utilizan en los procesos de automatización. El fin último de éstos es realizar alguna tarea específica con la mínima ayuda del hombre; lo que por supuesto no significa que las maquinas remplacen al ser humano, por el contrario, pueden ayudarlo a producir mas, mejor y en forma mas económica. Ejemplos muy variados de robots van desde una banda transportadora hasta el sistema automático más complejo; todos entran en la categoría de robots. Una forma de automatizar es el desarrollar un robot diseñado para una tarea específica, por ejemplo, una maquina que haga cortes sobre una lámina de acero, otra que haga los barrenos sobre la misma lámina y otra que la doble. En este proceso se utilizaron tres maquinas robots para lograr un producto.

Este es el nivel de automatización mas común y mas utilizado en el mundo desde hace muchos años, pero, ¿Qué tal si un solo robot hiciera las tres tareas?, entonces se podrían tener tres robots desarrollando tales actividades y la

producción se incrementaría al triple, lo que significa que los costos se reduzcan a la tercera parte.
Por ejemplo, quizá este robot pueda producir el triple, pero si cuesta cinco veces mas que las maquinas convencionales, porque solamente lo hacen en Alemania, entonces puede resultar no costeable y no resulta conveniente este tipo de automatización; por lo que se preferiría la producción convencional. Este es tal vez, el principal motivo del retraso de las industrias en México1.

Es necesario invertir en proyectos de automatización para crear tecnología mexicana ya que de lo contrario México se convertirá en un país maquilador con tecnología extranjera y mano de obra barata, como ocurre con Taiwán, China, Indonesia, etc.
Estos países son esclavos de las grandes potencias tecnológicas y no tienen reconocimiento como países de alta tecnología, sino como países maquiladores1.
Para centrar mas la problemática tenemos que mencionar que existen muy pocos robots, diseñados para realizar tareas especificas, como es el deposito de materiales y son inexistentes, hasta donde se sabe, en el caso de la técnica de deposito de roció pirolitico en México. Por esta razón se pretende realizar la primera implementación de un equipo automatizado con características únicas para apoyar el proceso de deposito de películas delgadas usando la técnica de roció pirolitico.

De esta forma, los intereses principales para implementar un equipo automatizado dentro del proceso de rocío pirolitico son: a) incrementar el área de deposito, ya que actualmente está reducida a ≈1 cm2, y con el robot se tendrá un alcance de 30 x 50 cm., b) lograr mayor uniformidad en las películas, un aumento de la calidad, y por último pero de igual importancia c) ahorrar tiempo y esfuerzo.

Hipótesis.

Por medio de la metodología para resolver problemas de ingeniería y ciencia, se espera obtener el diseño, las especificaciones y los planos de fabricación de un equipo automatizado de deposición por aspersión pirolítica para la obtención de películas delgadas nanoestructuradas, como las de TiO_2 para aplicaciones en la producción de celdas solares.

Objetivo General.

Diseñar un equipo automatizado para el proceso de SPD y síntesis de películas delgadas de TiO_2 para, para su aprovechamiento en celdas solares así como en diversas aplicaciones industriales.

Objetivos particulares.

- Se analizarán las teorías y métodos para la obtención de películas delgadas y de celdas solares.
- Se analizarán los requerimientos de operación de aspersores pirolíticos y de todo componente para la aplicación de (SPD) .
- Se analizarán los sistemas automatizados existentes aplicables a la (SPD), cumpliendo con: que el sistema sea *Adaptable, escalable, automatizado, económico, no contaminante, tenga repetitividad y reproducibilidad, sistema ajustable en X,Y,Z, permita continuidad, control del espesor/pasadas, red de suministros nacional, sincronía con el sistema completo, y sencillo de construir.*
- Se analizarán los requerimientos de obtención de celdas solares.
- Diseñar y construir los sistemas mecánicos, térmicos y de aspersión para el equipo SPD.

Capitulo I

Antecedentes y algunos conceptos básicos

El uso de las energías renovables no es algo muy nuevo, ya que desde la década de los 70´s los países consumidores del petróleo comenzaron a enfrentar problemas con el alto costo de este combustible, por lo que se tuvo que pensar en emigrar a otras alternativas de fuentes de energía en forma progresiva para reducir su dependencia de fuentes no renovables.

Dentro de las alternativas principales se pensó en el mejor aprovechamiento de la energía solar y sus manifestaciones secundarias tales como: energía eólica, hidráulica y las diversas formas de biomasa, es decir, energías renovables. Entonces a mediados de los 70`s se tuvieron muy buenos avances sobre investigaciones, construcción y operación de prototipos que trabajaban con estos recursos renovables. En la década de los 80´s se tienen registros del comienzo de altas concentraciones de gases que provocan el efecto invernadero, atribuyéndoselo al uso de los combustibles de origen fósil principalmente, por lo que se emitió una convocatoria mundial para luchar sobre el abatimiento del efecto de estos gases con la finalidad de crear en los países desarrollados el compromiso de llevar a efecto lo anterior, potenciar el uso de las energías

renovables y establecer políticas para su control e impulso.

Hoy en día países como Estados Unidos, Alemania, España e Israel, presentan avances significativos en el aprovechamiento de las energías renovables ya sea de manera directa e indirectamente de las manifestaciones secundarias de la energía solar.

En México se cuenta con un gran potencial de recursos energéticos renovables, por lo que la Secretaría de Energía a través de diversos organismos como la Comisión para el Ahorro de Energía (CONAE) que hoy en día es CONUEE,

estableció una alianza con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y en conjunto han operado el Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables, Cofer .

Fundamentos de FV. Los dispositivos fotovoltaicos son de gran importancia en nuestras vidas diarias, ya que pueden suministrar la energía de los aparatos y dispositivos eléctricos y electrónicos con los que convivimos cotidianamente. Algunos ejemplos serían: la señalización luminosa en tableros de automóviles y anuncios callejeros; la formación de imágenes en monitores de televisión, computadoras, osciloscopios, microscopios electrónicos, etc.; la iluminación ambiental en casas habitación, oficinas y centros comerciales, mediante el uso de lámparas fluorescentes; pantallas intensificadoras de rayos-X cuando se toman radiografías de un cuerpo humano; fabricación y uso de dosímetros termoluminiscentes que monitorean las dosis de ciertas radiaciones en los procesos de radioterapia a los que son sometidos los enfermos de cáncer; la implementación y uso del LASER (cuyo corazón es un material luminiscente) que tiene una gran cantidad de variadas y valiosas aplicaciones como: operaciones de la vista y otros órganos del cuerpo humano, cortes en materiales, modificación y mejoramiento de las propiedades en diversos materiales, etc, etc. Como puede notarse de lo anteriormente descrito los materiales semiconductores en celdas solares forman parte imprescindible de nuestra vida diaria.

Los **módulos fotovoltaicos** (**PV**) son dispositivos de estado sólido que convierten la luz solar directamente en electricidad, sin intervención de motores de calor o equipos rotativos.

Los sistemas PV tienen las siguientes características:

- No tienen partes móviles.
- Requieren de un mantenimiento mínimo.
- Tienen un tiempo de vida largo.
- Generan electricidad sin producción de emisiones.

- Su operación es virtualmente silenciosa.

Aunque los sistemas PV se han considerado como muy costosos, hay algunos de éstos que se han elaborado con capas delgadas de algunos materiales, tales como **aleaciones de silicio amorfo**, **teluro de cadmio** o **diselenuro de cobre e indio.**

- **Composición de una celda PV**

Una celda PV consta de una o más capas delgadas de material semiconductor. El más comúnmente utilizado es el **Si**. En este trabajo emplearemos un material diferente.

El componente principal de un sistema PV es el **panel PV**, el cual está conformado por múltiples celdas conectadas y encapsuladas formando un módulo.

Los semiconductores son elementos que tienen una conductividad eléctrica inferior a la de un conductor metálico pero superior a la de un buen aislante.

El semiconductor más utilizado es el **silicio**, que es el elemento más abundante en la naturaleza, después del oxígeno. Otros semiconductores son el **germanio** y el **selenio**.

El comportamiento eléctrico de un semiconductor se caracteriza por los siguientes fenómenos:

- Al conectar una pila, circula una corriente eléctrica en el circuito cerrado, siendo constante en todo momento el número de electrones dentro del cristal semiconductor.

- Los electrones libres son portadores de **carga negativa** y se dirigen hacia el **polo positivo** de la pila.

- Los huecos son portadores de **carga positiva** y se dirigen hacia el **polo negativo** de la pila.

- Los huecos sólo existen en el seno del cristal semiconductor. Por el conductor exterior sólo circulan los electrones que dan lugar a la **corriente eléctrica**.

Para mejorar la conductividad eléctrica de los semiconductores, se añaden **impurezas** voluntariamente. Esta operación se denomina **dopado**, utilizándose dos tipos:

- **Impurezas pentavalentes**
- **Impurezas trivalentes**

Cuando un elemento con cinco electrones de valencia entra en la red cristalina de un semiconductor, se completan los cuatro electrones de valencia que se precisan para llegar al equilibrio y queda libre un quinto electrón que le hace mucho mejor conductor.

De un semiconductor dopado con impurezas pentavalentes se dice que es de **tipo N**.

En cambio, si se introduce una impureza trivalente en la red cristalina del silicio, se forman tres enlaces covalentes con tres átomos de silicio vecinos, quedando un cuarto átomo de silicio con un electrón sin enlazar, provocando un hueco en la red cristalina.

De un semiconductor dopado con impurezas trivalentes se dice que es de **tipo P**.

Cuando a un material semiconductor se le introducen impurezas de tipo P por un lado e impurezas tipo N por otro, se forma una **unión PN .**

Efecto PV

Las celdas solares contienen uniones de semiconductores tipo p y tipo n, es decir, uniones p-n. Cuando los fotones de las luz solar golpean la superficie de la celda solar, y son absorbidos por el semiconductor, algunos de ellos forman pares de los electrones y agujeros.

Tipos de tecnología PV

Actualmente, existen muchos tipos de celdas PV. Los más comunes son:

- **Si monocristalino**
- **Si policristalino**
- **Si amorfo**
- **Termofotovoltaicos**

Además de éstos, se cuenta con otros materiales prometedores, como **CdTe** y **$CuInSe_2$**, que pueden utilizarse para tal fin. Otro tipo de dispositivos que también se han investigado, son los de **nano-PV**, considerados como PV de tercera generación.

Actualmente la CFE, tiene proyectado el iniciar con los primeros parques fotovoltaicos, para así aumentar el aporte de las Energía Renovables a la producción nacional de energía eléctrica, la cual es del 24 % de 52 945 MW; con los proyectos:

- SANTA ROSALÍA, BC. 1 MW.

- CERRO PRIETO, BC. 5 MW.

TiO_2 Poroso. Durante las últimas décadas debido a su importancia científica y tecnológica. La fotólisis electroquímica, la esterilización y eliminación de aguas residuales son las típicas aplicaciones de TiO_2 como catalizadores. Un reciente interés se centra en una superficie anfifílicas de TiO2 inducido por irradiación ultravioleta, lo que se espera que sea aplicable a parabrisas y espejos para los vehículos. Por otro lado, en el campo de las energías alternativas, una celda solar

sensibilizadas por colorante es ahora un tema en boga, debido a la alta eficiencia de conversión del electrodo TiO_2 poroso que se compone de varias decenas de partículas de tamaño nanométrico[I]. Con el fin de fabricar las celdas solares para un uso práctico, una novedosa técnica industrial de producción electrodo-películas delgadas que debe ser desarrollada. Entre las muchas técnicas de procesamiento de película delgada, la técnica de spray pirolisis deposición (SPD) es una de las más prometedoras, ya que la película formación se lleva a cabo en el aire por un aparato simple[II].

SPD. La técnica de Rocío Pirolítico Ultrasónico es un proceso bien establecido para el depósito de materiales en forma de películas y polvos. Las principales ventajas de esta técnica son su bajo costo, su facilidad de operación, altas tasas de depósito, la calidad del material obtenido, su posibilidad de cubrir áreas grandes y su posibilidad de escalarse a niveles industriales a costos relativamente bajos[V].

Por todo lo anterior, el uso de las energías renovables por medio de efectos naturales es hoy en día una de las fuentes de mayor estudio y aprovechamiento para el suministro de la energía eléctrica del futuro, por lo que la energía solar fotovoltaica juega un papel primordial en este contexto. Actualmente en México sólo hay trabajos con otras técnicas que no son la aspersión pirolítica para la obtención de películas delgadas, no existiendo ningún antecedente más que para películas foto - luminiscentes. Se parte del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, obteniendo el flujo de electrones al obtener películas delgadas con el spray pyrolysis con la matriz de $Ti0_2$, en comparación con otras técnicas de depósito. Por lo tanto, para lograr la máxima eficiencia en aprovechamiento y generación es indispensable contar con un equipo de depósito a escala industrial y automatizado.

Tipos de Reactores más Utilizados en Rocío Pirólitico. Los reactores más utilizados en la técnica de spray pirólisis están diferenciados por la forma en la que están instalados, pueden ser horizontales, verticales de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo y diagonales, en la parte de marco teórico se ilustra esta clase de instalaciones. Otro de las características importantes que se muestran en los reactores es el uso del nebulizador, ya sea de compresor simple o ultrasónico, así como el uso de aspersores neumáticos para la deposición del material sobre el sustrato. En la *Figura 3.3.,* se muestra un diagrama de una típica instalación de un reactor para depositar películas delgadas sobre un sustrato. Para este trabajo se decidió utilizar la forma vertical de arriba hacia abajo debido a que en las líneas de producción de losetas cerámicas es más sencillo el uso de un reactor de este tipo ya que en estas líneas el material se transporta con bandas de manera horizontal, lo que nos proporciona la facilidad de instalación y de deposición[III].

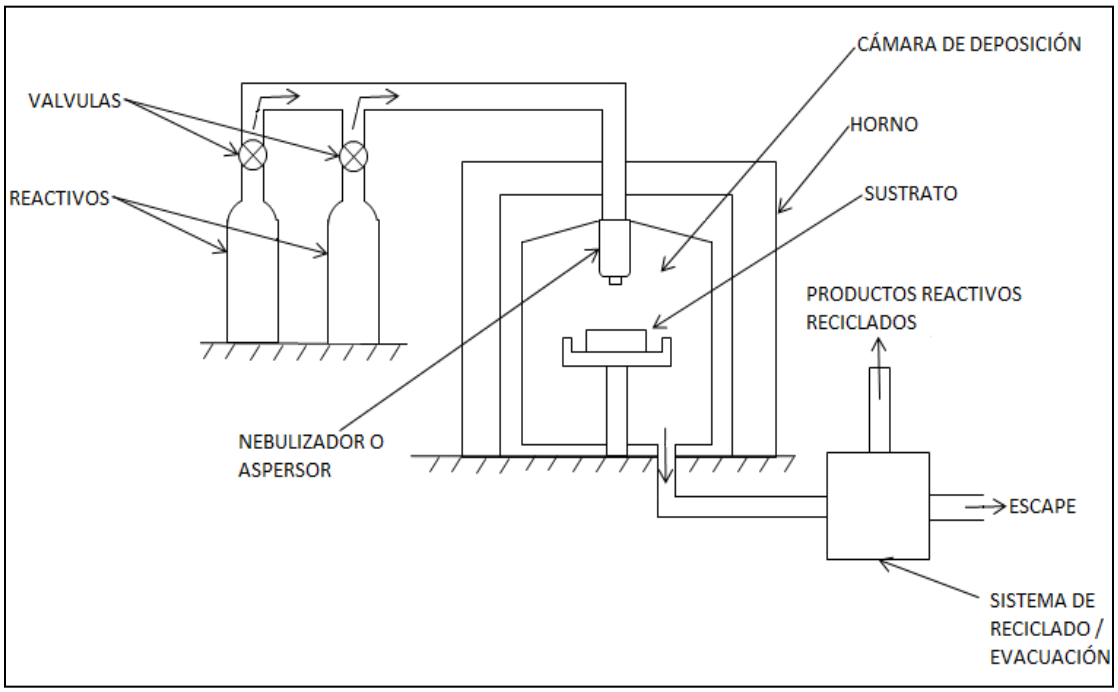


Figura . Diagrama de una instalación básica de rocío pirólitico.

Materiales más Utilizados para Depositar en Spray Pirólisis. Los materiales más comúnmente utilizados para la técnica de spray pirolisis son los que dan

como resultado de la deposición óxidos de algún metal, por esto el sistema se adapta para el propósito de depositar óxidos metálicos.

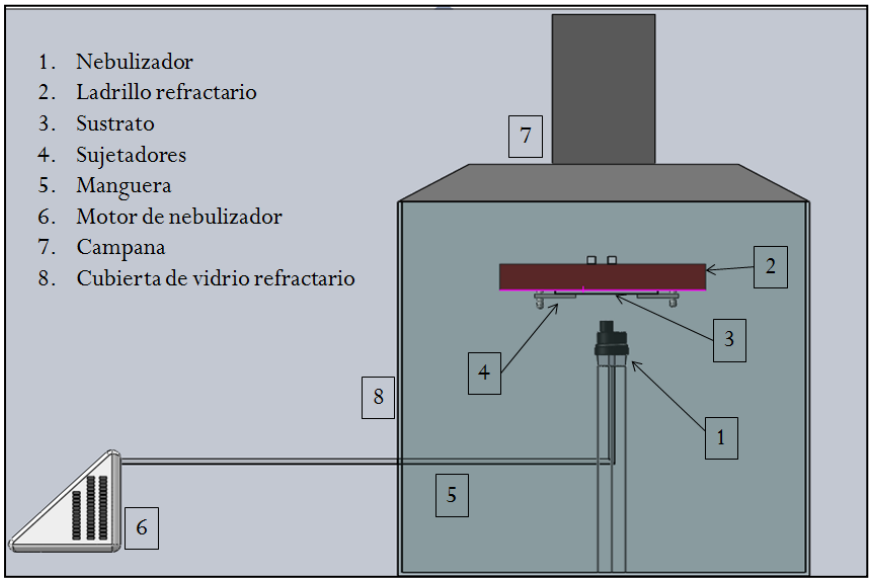


Figura Deposito inferior para un sistema de crecimiento de películas delgadas.

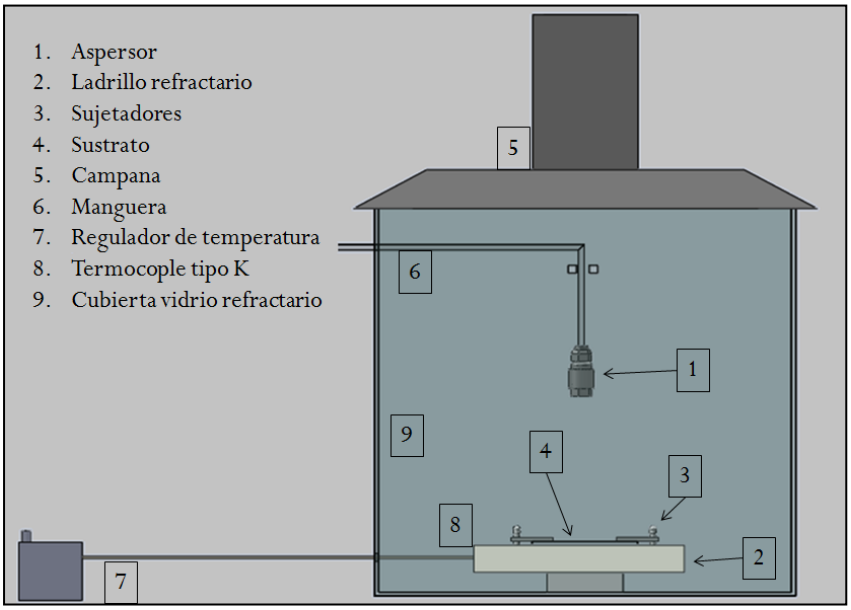


Figura . Deposito superior para un sistema de crecimiento de películas delgadas.

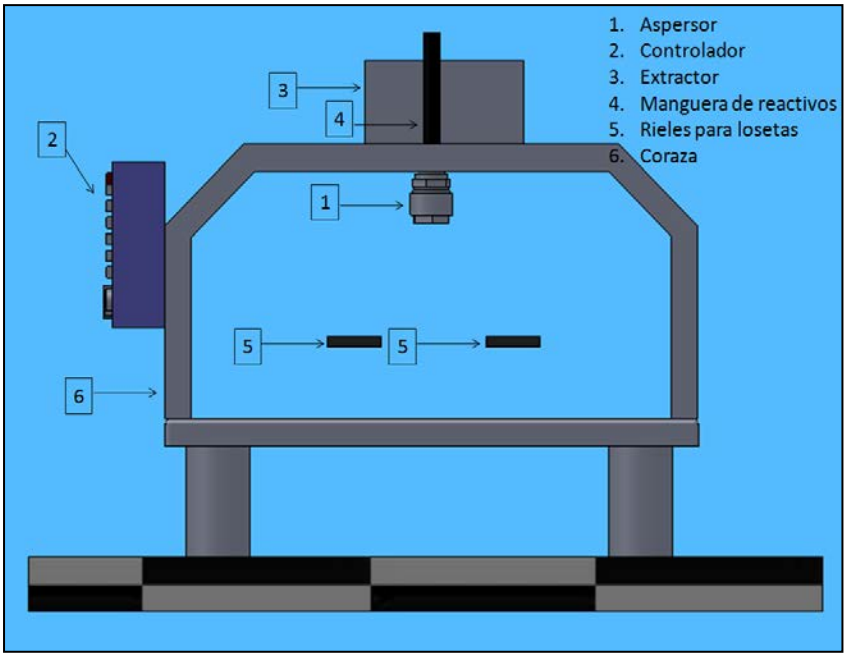


Figura . Proceso continuo para un sistema de crecimiento de películas delgadas.

Diseño

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por la cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gentes con muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas.

Las fuentes personales de creatividad de un diseñador, la habilidad para comunicarse y la destreza para resolver problemas están entrelazadas con el

conocimiento de la tecnología y sus principios fundamentales. Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, confiable, competitivo, útil, que se puede fabricar y comercializar, sin importar quien lo construya o lo use. [5]

Autodesk Inventor

Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software Autodesk. Compite con otros programas de diseño asistido por computadora como SolidWorks, Pro/ENGINEER, CATIA y Solid Edge. Entró en el mercado en 1999, muchos años después que los antes mencionados y se agregó a las Series de Diseño Mecánico de Autodesk como una respuesta de la empresa a la creciente migración de su base de clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia, permitiendo que las computadoras personales ordinarias puedan construir y probar montajes de modelos extensos y complejos. [6]

Capitulo II

Metodología.

2.1 Proceso de Diseño

Se hará uso del siguiente proceso de diseño para resolución de problemas de Ingeniería.

Formulación del problema: El problema de que se trate se define en forma amplia y sin detalles.

Análisis del problema: En esta etapa se le define con todo detalle.

Búsqueda de soluciones: Las soluciones alternativas se reúnen mediante indagación, invención, investigación, etc.

Decisión: Todas las alternativas se evalúan, comparan y seleccionan hasta que se obtiene la solución óptima.

Especificación: La solución elegida se expone por escrito detalladamente[IV].

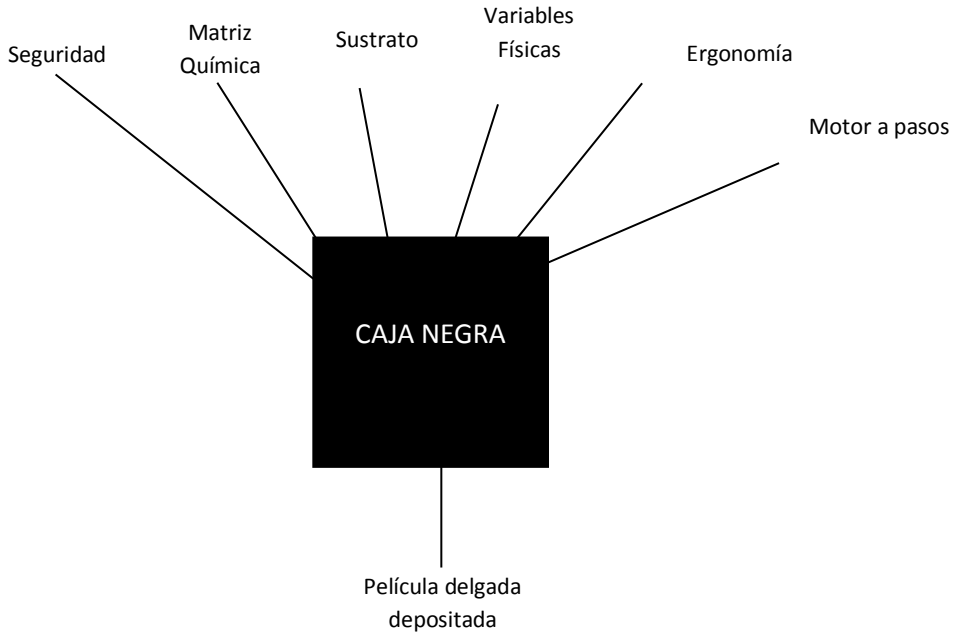
2.1.1 Especificaciones del equipo - Caja Negra

La caja negra es una herramienta metodológica que es de mucha utilidad en un proceso de diseño, porque muestra en un sistema variables de entrada y salida sin la necesidad de saber cual es su proceso. En otras palabras, de una *caja negra* interesa su forma de interactuar con el medio que le rodea, entendiendo qué es lo que hace, pero sin dar importancia a cómo lo hace.

Dada la simpleza de la caja negra, las siguientes son las variables de entrada: servo motores, compresor de aire, matriz química, sustrato, seguridad, ergonomía y las variables físicas (Temperatura, Velocidad de aspersión y velocidad de movimiento de rocío). Y las variables de salida: película depositada, servo motor apagado.

De acuerdo a estas variables queda en forma gráfica de la siguiente manera:

Variables de entrada



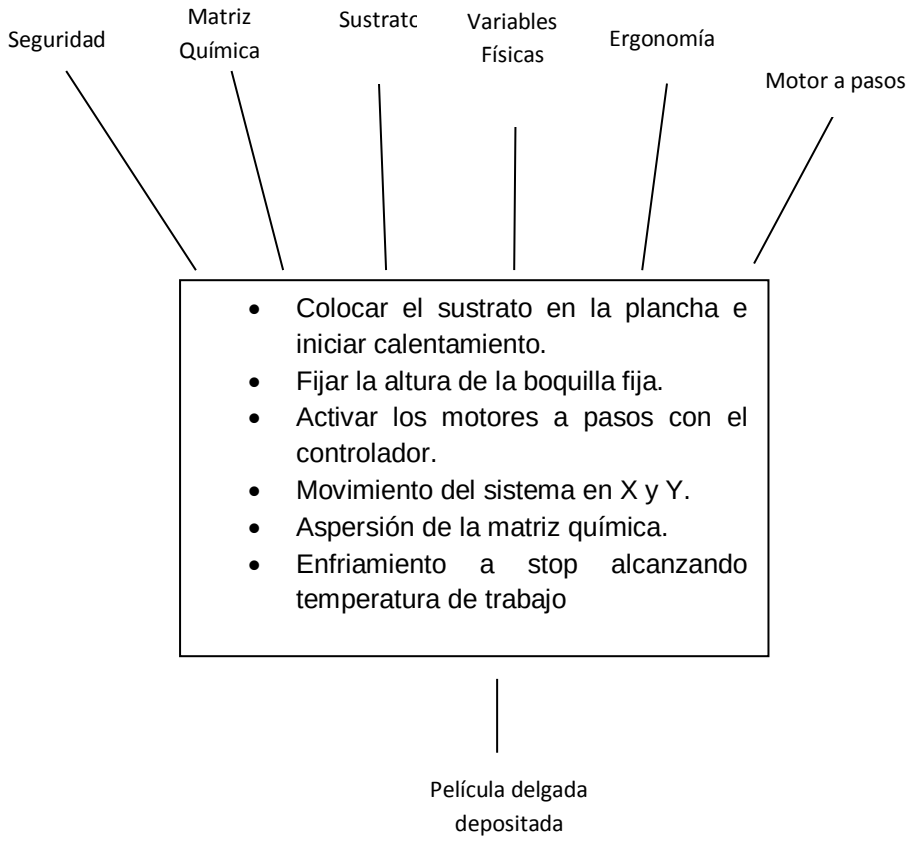
Variables de salida

3.1.2 Características del equipo

De acuerdo a las variables de entrada y salida se tuvo que empezar dar solución a la problemática, en éste caso al ser un equipo a escala industrial y de laboratorio se tuvo que tener en consideración la estructura de las máquinas comerciales y de laboratorio, por lo tanto se optó por hacer una estructura similar, pero con una considerable innovación. Para poder hacer tal estructura se tuvo que tener en consideración el equipo de manufactura que hay en el taller de mecánica de la Universidad, por lo que hacer una máquina con componentes especializados o complejos fue descartado, adicionalmente estos componentes suelen ser de alto costo y las máquinas comerciales no cuentan con ellos.

3.1.2 Caja Transparente

En la caja transparente solo se puede observar lo que sucede dentro de la caja negra, el proceso por lo cual las variables de entrada se transforman en las variables de salida, formando así el sistema completo. Lo cual se puede ver en el siguiente esquema.



3.2 Definición del Problema - Requisitos del modelo

En la tabla 1 se muestran los requisitos para equipos SPD los cuales se consideraron de acuerdo a los equipos comerciales y de laboratorio ya existentes, esto porque se observó que la configuración de éstas máquinas es la adecuada para el proceso de fabricación, por lo tanto basándose es las características de tales máquinas sólo se considera un re-diseño usando la misma configuración, agregándole componentes que puedan facilitar aún más el depósito de películas delgadas.

Tabla 1. Requisitos del equipo SPD

Especificación de diseño	Proyecto: Equipo SPD	D	W
Fácil Transporte		x	
Ergonómico		x	
Motorizado		x	
Movimiento sencillo de elementos en dos dimensiones		x	
Estructura de acero al carbono		x	
Automático			x
Fácil producción		x	
Seguro		x	
Fácil mantenimiento		x	
Que puedan trabajar 2 personas a la vez			x
Uso de boquilla		x	
Que tenga un uso			x
Que sea económico			x
Tamaño considerable			x
Aspersión neumática		x	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: En la tabla las letras D y W significan la demanda y deseos respectivamente de acuerdo a las especificaciones sugeridas. Las demandas es lo que debe tener la máquina y los deseos lo que se quisiera tener.

De acuerdo a la tabla anterior se seleccionan los requisitos finales junto con la especificación eliminando aquellos requisitos que no son factibles para el diseño.

Tabla 2: Requisitos del equipo SPD

Requisito	Especificación
Ergonómico	Que la altura de trabajo sea la adecuada, ya que el operario tiene que estar de pie para poder obtener las películas.
Motorizado	Que se tenga un motor adecuado para el funcionamiento de la máquina.
Movimiento sencillo de elementos en dos dimensiones	La transmisión a utilizar sea a base de carros y guías.
Estructura de Perfil	La estructura sea acero al carbono
Fácil producción	Que la máquina no sea de estructura compleja o muy detallada.
Seguro	Cumpla con las medidas de seguridad necesarias.
Fácil mantenimiento	Que se tenga refacciones fáciles de conseguir o maquinar de ser necesario.
Uso de boquillas	Las boquillas deben corresponder a la tasa de flujo y áreas de aspersión.
Fácil transporte	El equipo facilite el transporte por medio de dos personas sujetando la mesa base.
Tamaño considerable	El tamaño de la máquina no sobrepase 1.0 m^2
Aspersión neumática	Que al energía de aspersión sea neumática y no ultrasónica.

Fuente: Elaboración Propia.

Especificaciones para películas delgadas nanoestructuradas de TiO_2.

Con base a la información investigada, se encontró el artículo "Porous TiO_2 thin films synthesized by a spray pyrolysis deposition (SPD) technique and their application to dye-sensitized solar cells" de Masayuki Okuya, Koji Nakade, Shoji Kaneko[I]; se encontró lo siguiente:

Propiedad	Valor
Temperatura del sustrato	300°C a 500°C
Presión de atomización	3.0 kg/cm^2
Distancia entre sustrato y boquilla	300 mm
Tasa de depósito	0.5 ml/s

Busqueda de Soluciones

Bocetos Previos

Se elaboraron distintos bocetos por parte del grupo de expertos en diseño y manufactura que apoyaron en el desarrollo del proyecto. Los cuáles son:

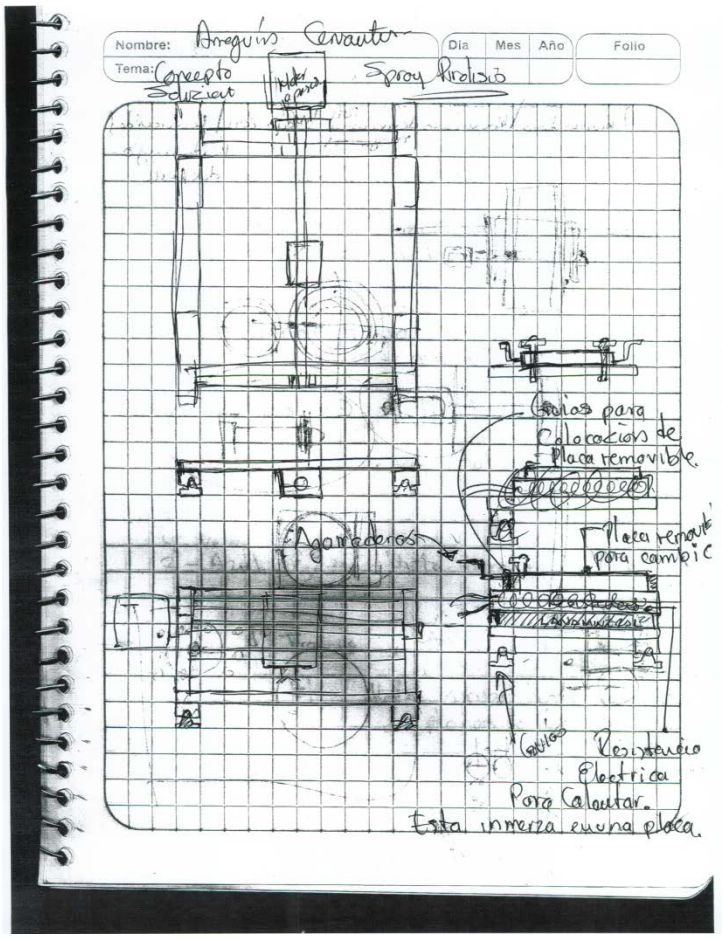


Fig. Boceto AAC.

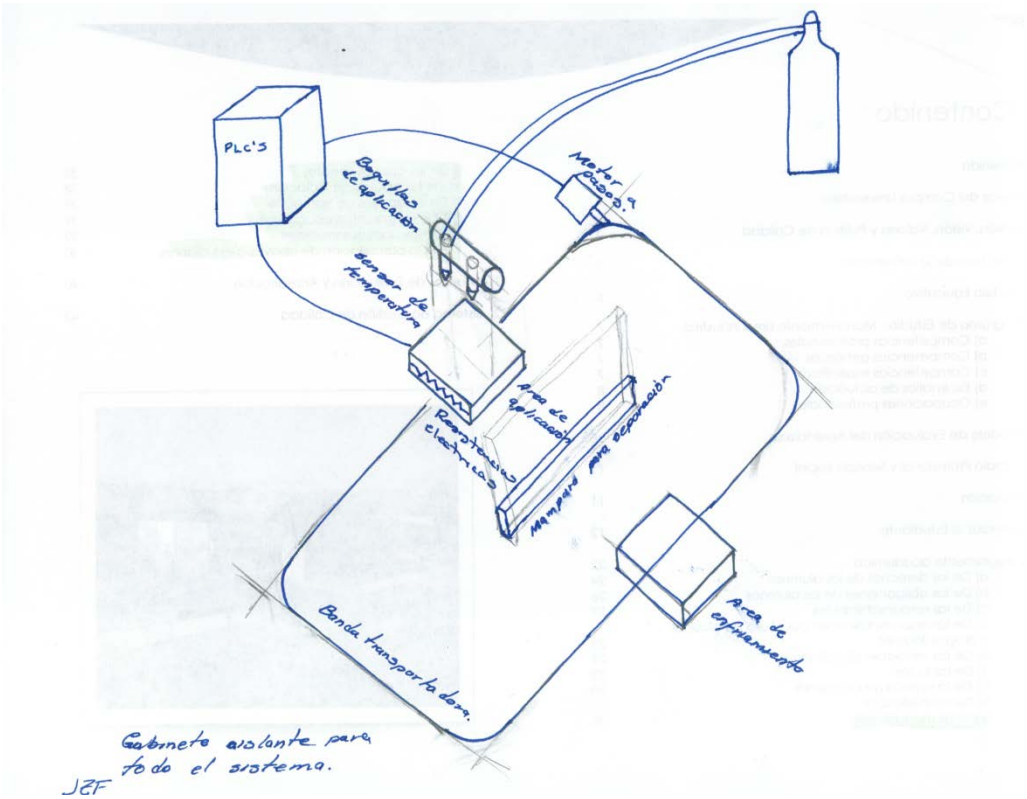


Fig. Boceto JZF

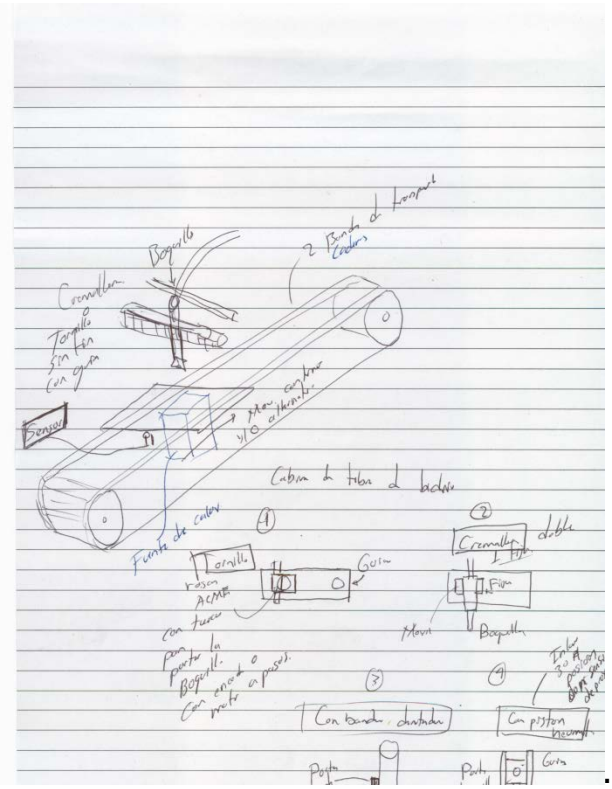


Fig. Boceto RLJ

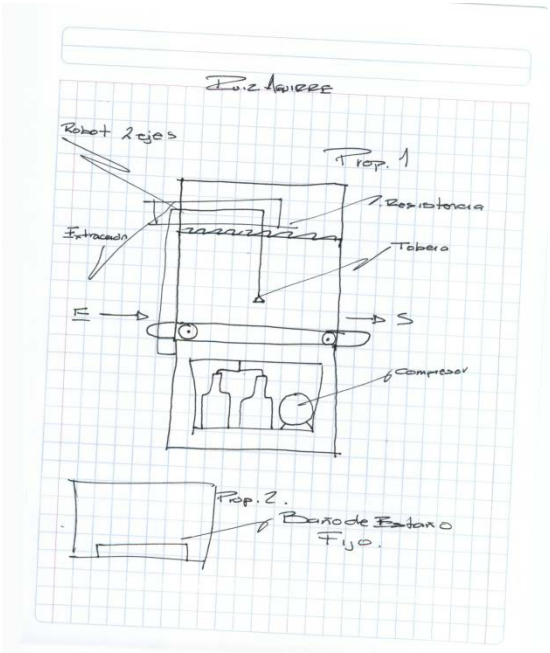


Fig. Boceto LARA - JCR

Decisión - Reingeniería de equipo MiniRouter.

Como consecuencia de la etapa creativa se llegó a la decisión por parte del equipo de diseño conformado por: M en C. Antonio Arreguín Cervantes, M en I. Reynaldo Ledesma Jaime, M en I. Jesús Zárate Flores, Fís. Luis Alfonso Ruiz Aguirre e Ing. Jaime Cano Ramírez. La cuál es el aplicar la reingeniería al equipo Mini Router con que se cuenta en el taller de manufactura de la UTSOE y que es con base al primer boceto de AAC.

La razón principal de la decisión es que el equipo mini router se desplaza en tres ejes, pudiéndose controlar avances, penetraciones y posiciones, básicamente lo mismo requerido por un equipo SPD automatizado, en el que se cambia la herramienta de corte o sea el cortador vertical por una boquilla, contando con el controlador, software e interfaz de dicho equipo, del cual se muestra la siguiente figura.

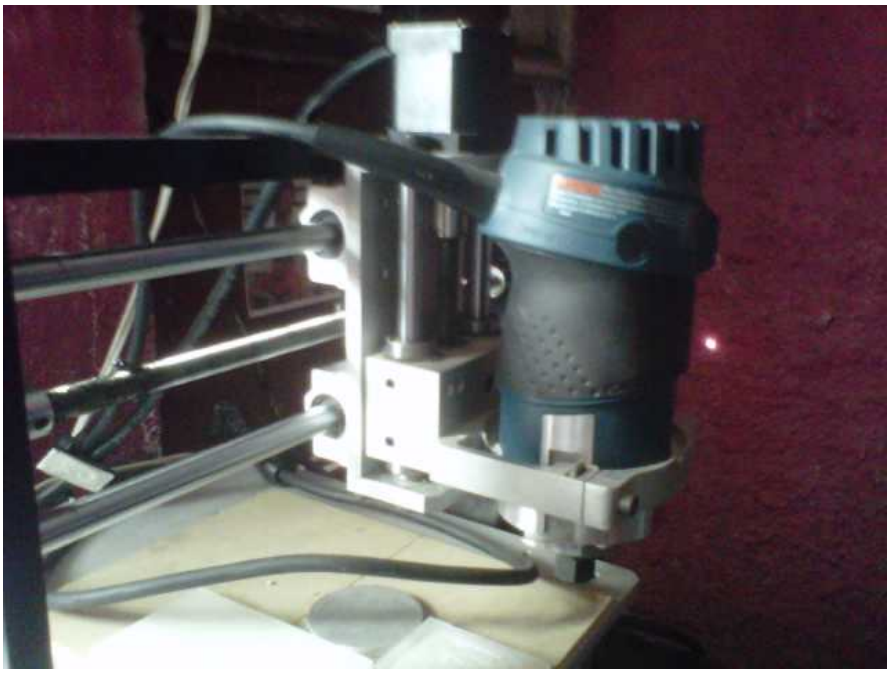


Fig. Mini Router.

Es importante el mencionar que hasta el momento en un gran número de laboratorios se encuentran equipos de SPD improvisados, que no permiten la reproducibilidad requerida para poder obtener películas delgadas de calidad para aplicaciones industriales o de investigación. La siguiente figura es del laboratorio de sólidos nanoestructurales del IFUNAM.

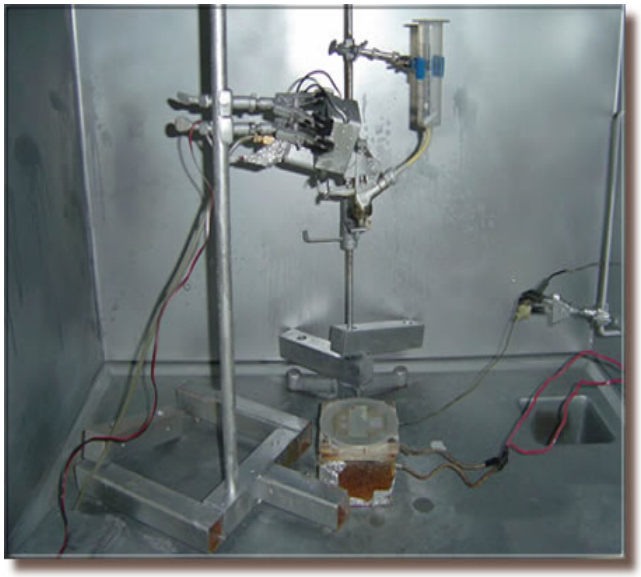


Fig. Equipo SPD - IFUNAM.

3.3 Especificación - Diseño Estructural de equipo de SPD

En base a la tabla 2 de los requisitos y las especificaciones, se procedió a hacer la estructura del equipo con PTR de ¾ x ¾ 3/16 in, el espacio que se vaya a utilizar tiene que ser el apropiado para que el operario pueda trabajar de tal forma que pueda aprovechar el espacio

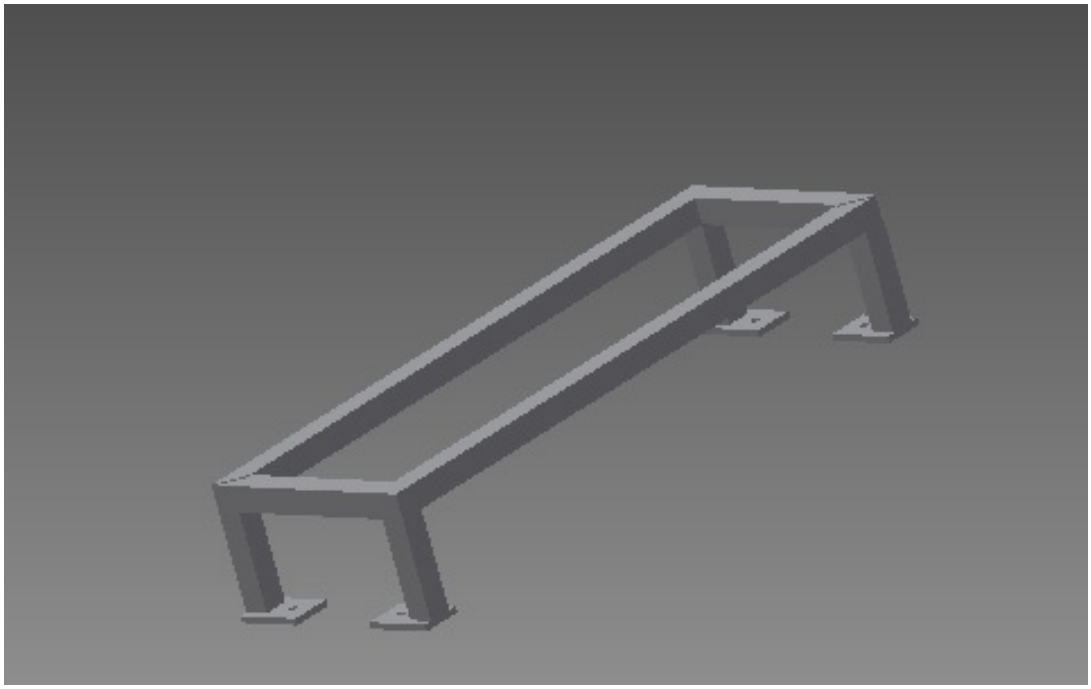


Fig. Base fija

La estructura es similar a las máquinas existentes, con un perfil estructural PTR cuadrado de 1.5”, pero con la diferencia de que éste equipo tendrá un funcionamiento a los equipos de Router de manufactura asistida por computadora CAM

En la parte inferior se colocará una mesa que permitirá el trabajo de obtención de películas delgadas así como su transporte. La cuál está hecha de (fig. 23).

Fig. Mesa

de un marco elaborado en PTR de 1” x 1” x 3/16” con una preparación de uniones a 45º en el marco superior con soldadura a tope en su manufactura.

3.3.1 Dimensiones para una estación de trabajo

Para poder conocer las medidas recomendadas para una estación de trabajo, en la siguiente figura se puede ver las medidas de acuerdo al espacio de trabajo.

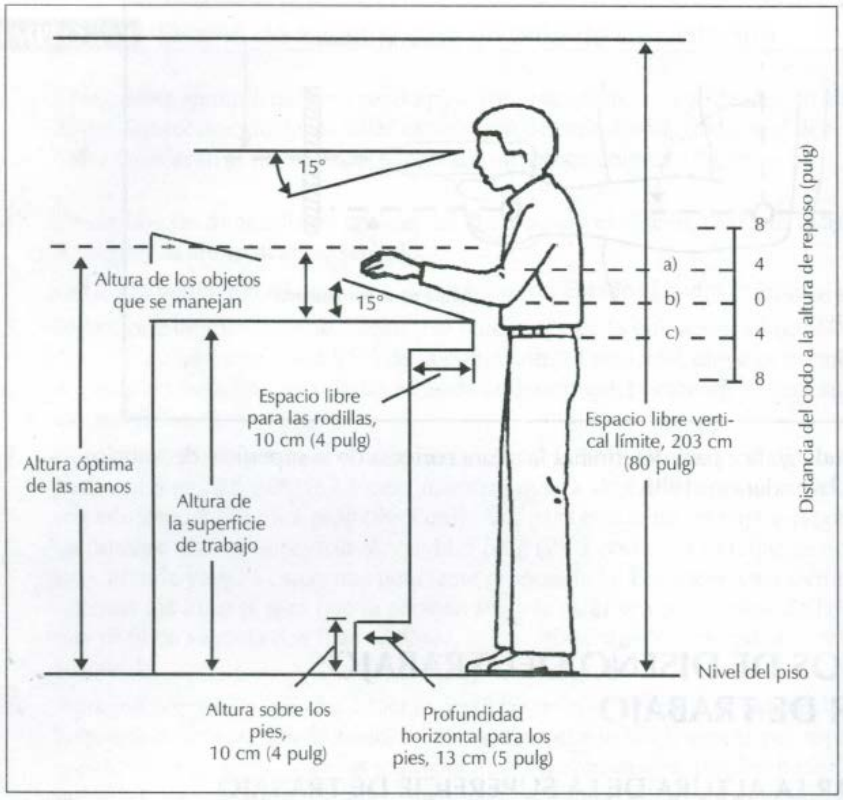


Fig. Dimensiones recomendadas para la estación de trabajo a pie.

En la figura se puede apreciar las medidas cuando alguna persona trabaja sobre una mesa, en el caso de una forjadora para hacer trapeadores se tomaron algunas medidas para que sea más ergonómico para el operario. En éste caso la medida fue la altura al codo, ya que en la figura en a) es para trabajo de precisión con descanso para el brazo, b) para ensamble ligero y c) para trabajo pesado; y el como el forjado de un trapeador es un ensamble ligero debido a que sólo es un amarre con alambre se toma esa medida y de acuerdo a la tabla 3 la altura del piso al codo es de 109.9cm (110cm), este dato es para la persona promedio que mide 1.73 cm aproximadamente por lo tanto la medida es la adecuada para posicionar la altura de la mesa y de la plancha térmica donde se colocarán los sustratos para realizar los depósitos.

3.4 Diseño del Carro Móvil

Para poder diseñar el carro móvil se tuvo que tener en cuenta la función que iba a tener en el equipo SPD, en éste caso la función del carro móvil es la de correr a lo largo de las guías en el eje X, así como de soportar una flecha en el eje Y la cual moverá a la base y boquilla para el depósito, por lo tanto se convierte en un elemento de suma importancia en el equipo SPD, el cuál será manufacturado de placa de Aluminio.

Fig. Placa lateral.

De propuestas realizadas se decidió que sobre el marco formado por el carro móvil, estaría montado una flecha y eje hueco, en éste caso de acero 1045. En las siguientes figuras se muestran ambas partes.

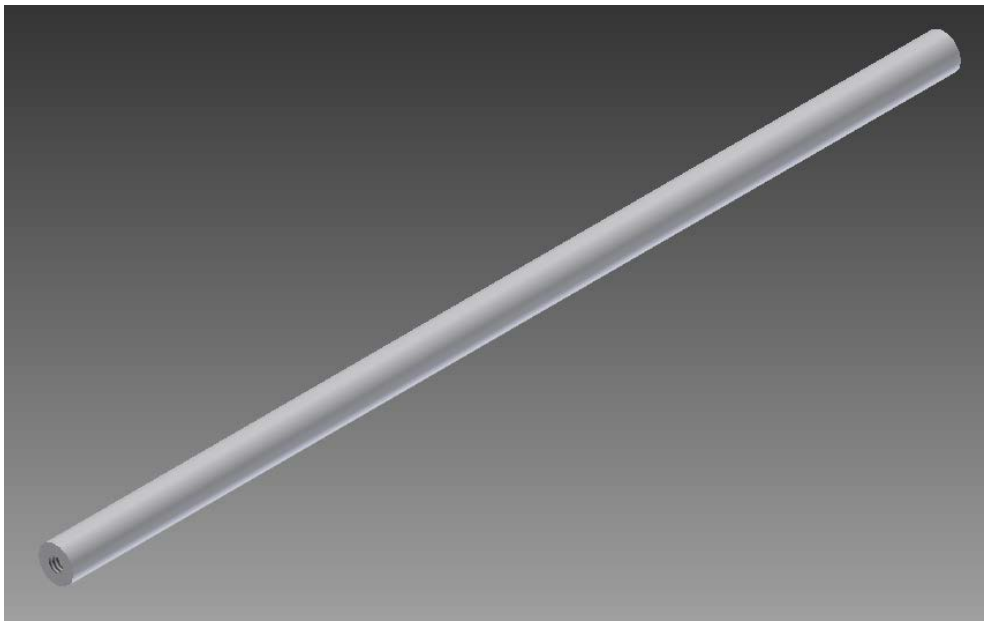


Fig. Flecha.

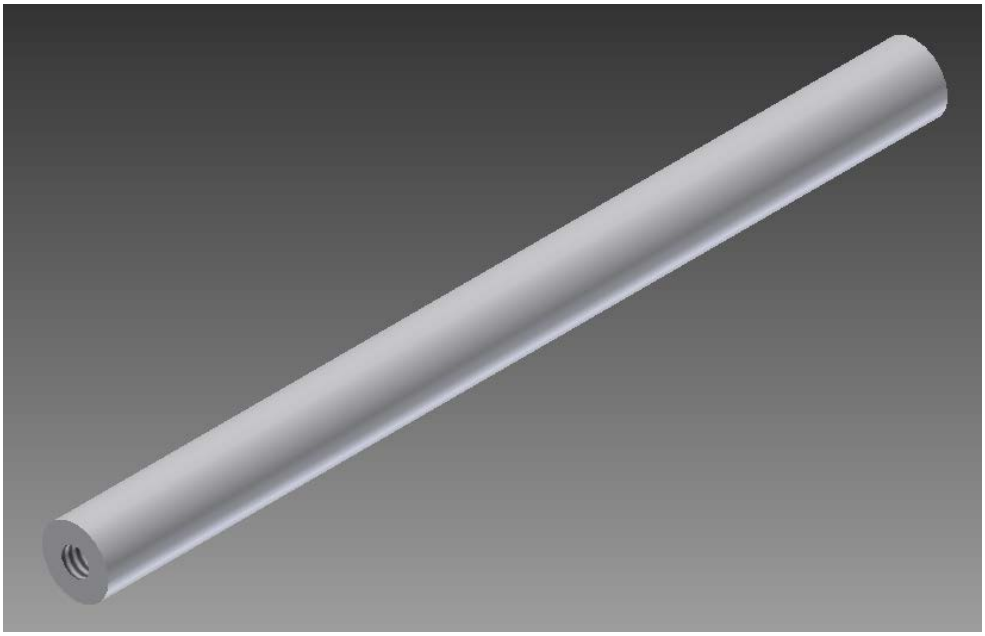


Fig. Flecha y eje.

El **buje** es el elemento de máquina donde se apoya y gira un eje que llevará a la base y a la boquilla.

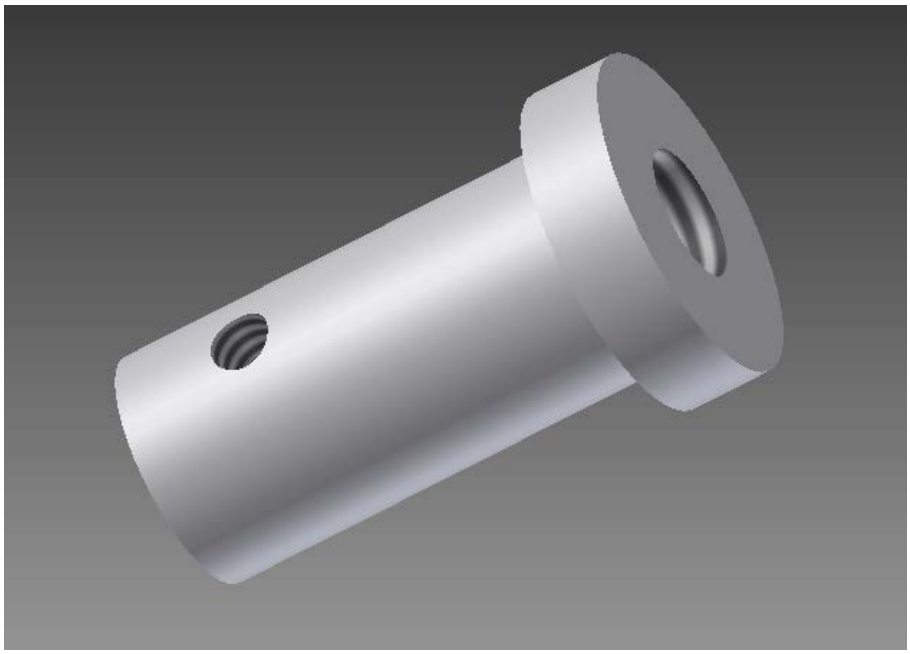


Fig. Buje.

El carro móvil queda diseñado como se muestra en la siguiente figura.

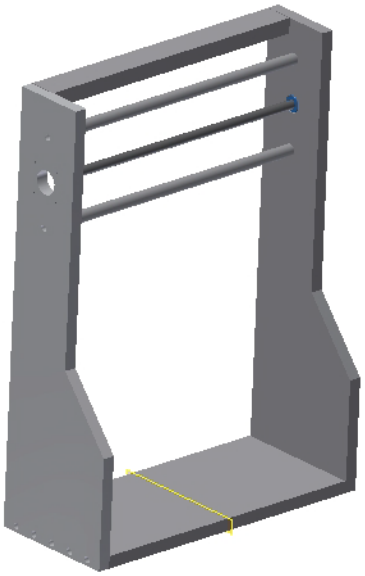


Fig. Carro Móvil.

Las guías son parte importante del carro móvil ya que el desplazamiento de éste es sobre las guías, quedando de la siguiente forma, como se aprecia en la figura.

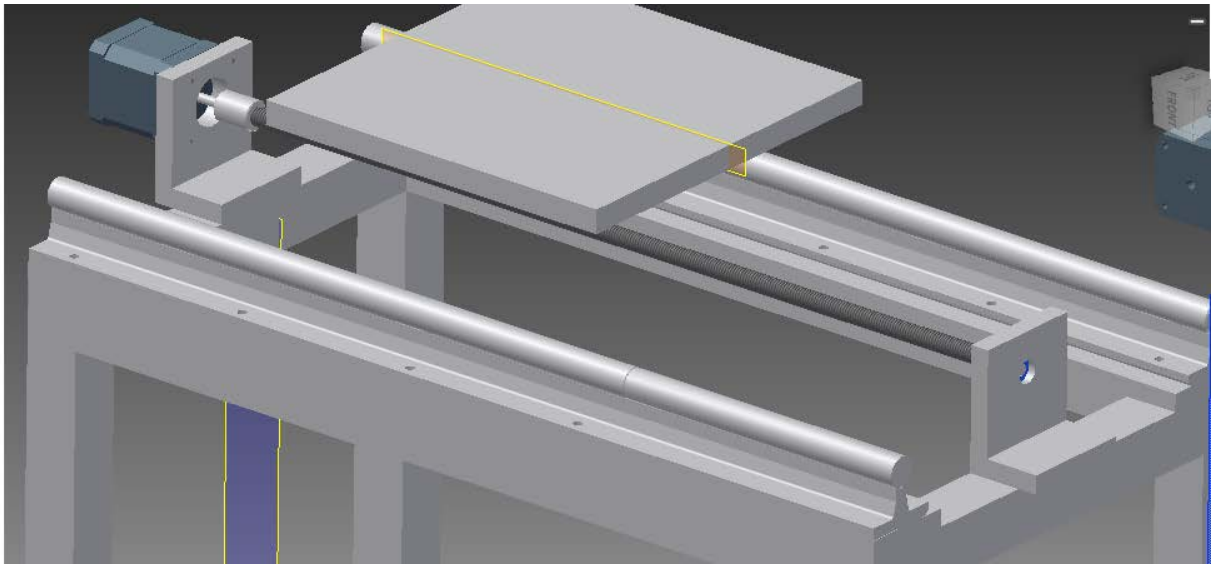


Fig. Guías y tornillo.

El elemento que proporciona el torque con base a la señal emitida por el controlador es el motor a pasos o servo motor, el cuál tiene una alimentación de 7.2 V a 16.5 V con 350 mA en la bobina y se muestra en la siguiente figura.

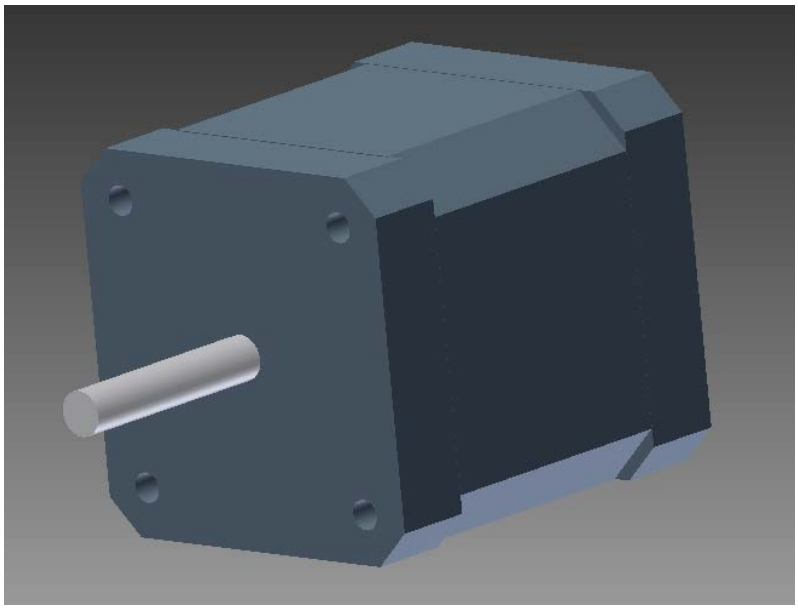


Fig. Motor a pasos.

Es conveniente delimitar el trabajo de diseño metal mecánico, térmico y neumático por lo que la parte de control no se detallará.

3.X Base de Boquilla.

Como parte de la parte motriz y en la cual se hace uso de otro motor a pasos idéntico al del movimiento para el carro móvil se tiene otro elemento diseñado para poder portar la boquilla del equipo SPD.

El ensamble queda de la siguiente manera:

Fig. Base de Boquilla.

La cual consta de soporte, placa, 2 flechas, 1 tornillo, bujes y de una perilla comercial la cuál desplazará en el eje vertical a la boquilla, además de que fija la posición y es barata en costo.

3.7 Especificación - Selección de los componentes.

3.7.1 Selección de Plancha Térmica y descripción del sistema Térmico.

Para seleccionar la plancha térmica se tuvo en consideración principal las variables de entrada encontradas en la literatura para el crecimiento de películas delgadas de TiO_2 nano poroso, en la cual se indica un rango de 300º C a 500º C.

Por lo anterior se procedió investigar con proveedores del área bajío ara realizar la cotización y especificación de la plancha térmica. Se encontraron dos proveedores: TEMPER S.A de C.V y Calor y Control S.A de C.V.

Las especificaciones son las siguientes:

- Juego de placas (2)
- En Acero Inoxidable tipo 304.
- De 200 x 200 x 25 mm.
- Maquinadas para recibir 4 resistencias tipo cartucho de alta densidad.
- De 0º a 650º en 30 minutos.
- Tablero de control
- Gabinete metálico.
- Interruptor termomagnético.
- Contactor magnético.
- Control digital
- Termopar tipo K.
- Cableado, focos y misceláneos.

En las siguientes figuras se muestran las cotizaciones y especificaciones, en las que se muestran los cambios para una optimización en el costo.

Calor y Control ®
S.A de C.V

Matriz y fabrica:
Obreros No. 5-A col. San Pablo
Querétaro, Qro. C.P. 76130
Tel. 01(442) 217-88-40
Tel/Fax. 217-88-57

Sucursal:
Av. Industrias 2110 Local 15
San Luis, SLP. C.P. 78399
Tel/Fax. 01 (441) 8188896

Cliente: UNIVERSIDAD TEC. SUROESTE DE GUANAJUATO
Dirección: .
Población:
Tel/Fax: 001-456)6-43-62-65103 136
Atención: FIS.LUIS ALFONSO RUIZ AGUIRRE, fhysique72@hotmail.com

Fecha
2012-05-22

Cotización
QAM4321205

Partida	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	1 JGO	POR LA FABRICACION DE JUEGO DE PLACAS(2) DE ACERO INOXIDABLE TIPO 304, DE 300MM x 300 MM x 25 MM. MAQUINADAS, PARA RECIBIR 6 PZAS. DE RESISTENCIAS TIPO CARTUCHO DE ALTA DENSIDAD. SE ALCANZARA UNA TEMPERATURA DE HASTA 650°C. EN 30 MINUTOS O MENOS DE ACUERDO AL AISLAMIENTO QUE SE TENGA. SERA ENTREGADA CON UN TABLERO DE CONTROL, QUE INCLUYE GABINETE METALICO, INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO, CONTACTOR MAGNETICO PARA 20 AMPERIOS, CONTROL DIGITAL DE TEMPERATURA DE 1/16DIN TERMOPAR TIPO "K", CABLEADO MANO DE OBRA Y MISCELANEOS,INCLUYE FOCOS INDICADORES NOTA: ESTA COTIZACION SOLO CONTEMPLA UNA PLACA CON 6 RESISTENCIAS, EN CASO DE REQUERIR QUE SEAN DOS PLACAS, PARA PRENZAR ENTRE ELLAS, EL PRECIO SE INCREMENTARIA EN $15,337.50 + IMPUESTO	$22,773.50	$22,773.50
			Subtotal	$22,773.50
			I.V.A.	$3,643.76
			Total	$26,417.26

Condiciones de Pago: 50% ANTICIPO50% CONTADO
Tiempo de entrega: 15 DIAS HABILES
Observaciones:
Vigencia: 30 DIAS HABILES
Tipo de embarque: NUESTRO CONDUCTO

CALOR Y CONTROL S.A DE CV
ALEJANDROMARTINEZ GTZ.
calorventasam@calorycontrol.com.mx
www.calorycontrol.com.mx

Fig. Cotización 1 de plancha térmica.

Calor y Control ®
S.A de C.V

Matriz y fabrica:
Obreros No. 5-A col. San Pablo
Querétaro, Qro. C.P. 76130
Tel. 01(442) 217-88-40
Tel/Fax. 217-88-57

Sucursal:
Av. Industrias 2110 Local 15
San Luis, SLP. C.P. 78399
Tel/Fax.. 01 (441) 8188896

Cliente: UNIVERSIDAD TEC. DEL SURESTE DE GUANAJUATO
Dirección: .
Población:
Tel/Fax: (01-456)6-43-62-65
Atención: M.EN C. ANTONIO ARREGUIN C., amaguin.antonio@hotmail.com

Fecha
2012-07-24

Cotización
QAM5031207

Partida	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	1 JGO	POR LA FABRICACION DE JUEGO DE PLACAS(2), EN ACERO INOXIDABLE TIPO 304, DE 200 x 200 x 25 MM., MAQUINADAS PARA RECIBIR 4 RESISTENCIAS TIPO CARTUCHO DE ALTA DENSIDAD, PARA ALCANZAR TEMPERATURA DE 650°C, EN 30 MINUTOS, ESTO DEPENDERA DEL AISLAMIENTO CON QUE SE CUENTE. SERA ENTREGADA CON TABLERO DE CONTROL, QUE INCLUYE GABINETE METALICO,INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO,CONTACTOR MAGNETICO,CONTROL DIGITAL,TERMOPAR TIPO "K" CABLEADO FOCOS DE SEÑAL Y ISCELANEOS. NOTA : EN CASO DE REQUERIR DE 2 PLACAS (JUEGOS) PARA SER USADOS EN EL PRENSADO AUMENTAR A ESTA PROPUESTA $10868.75 * IMPUESTO	$13758.75	$13758.75
			Subtotal	$13758.75
			I.V.A.	$2,201.40
			Total	$15960.15

Condiciones de Pago: 50% ANTICIPO 50% CONTADO
Tiempo de entrega: 15 DIAS HABILES
Observaciones:
Vigencia: 30 DIAS HABILES
Tipo de embarque: NUESTRO CONDUCTO

CALOR Y CONTROL S.A DE CV
ALEJANDRO MARTINEZ GTZ.
calorventasam@calorycontrol.com.mx
www.calorycontrol.com.mx

Fig. Cotización 2 de plancha térmica.

Ahora se muestra los sólidos del diseño de la plancha térmica para el equipo SPD, de la base del aislante de lana mineral y el porta sustrato.

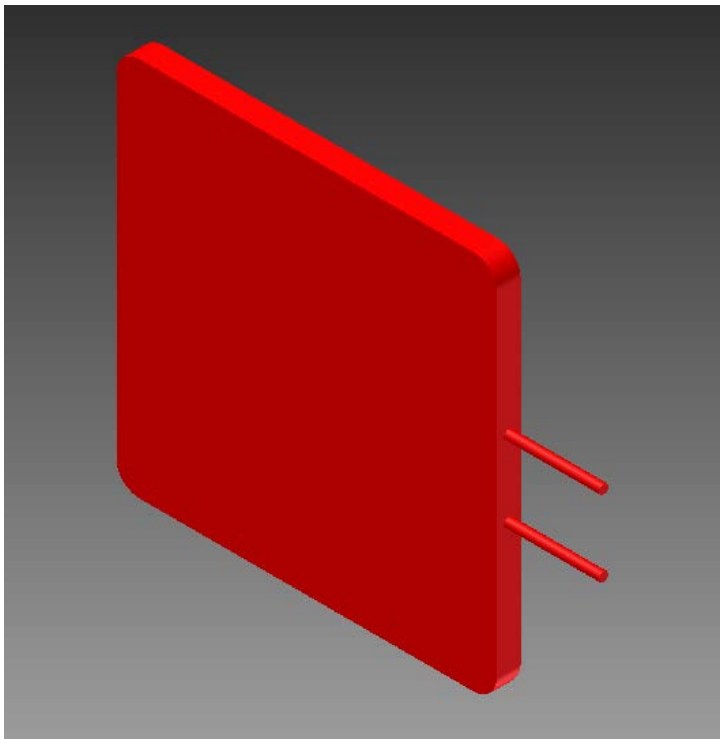


Fig. Plancha térmica.

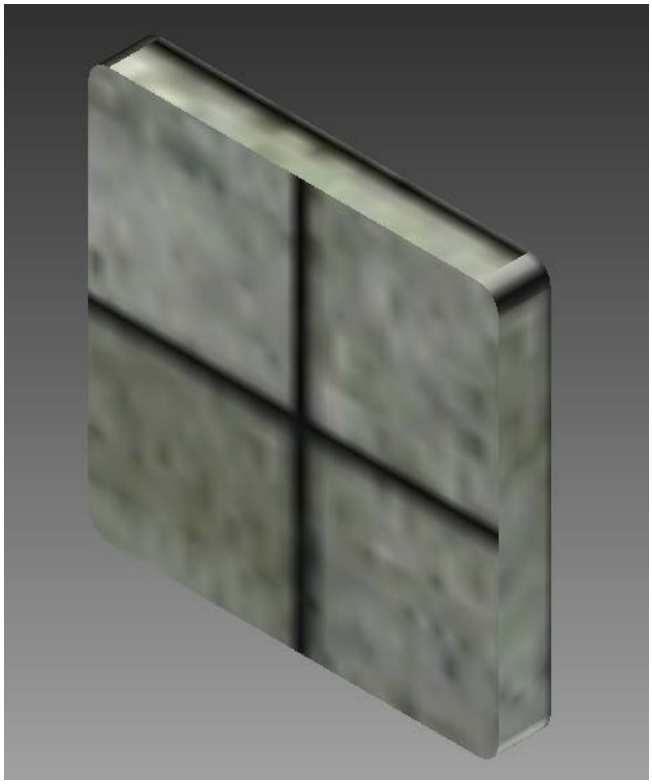


Fig. Lana Mineral.

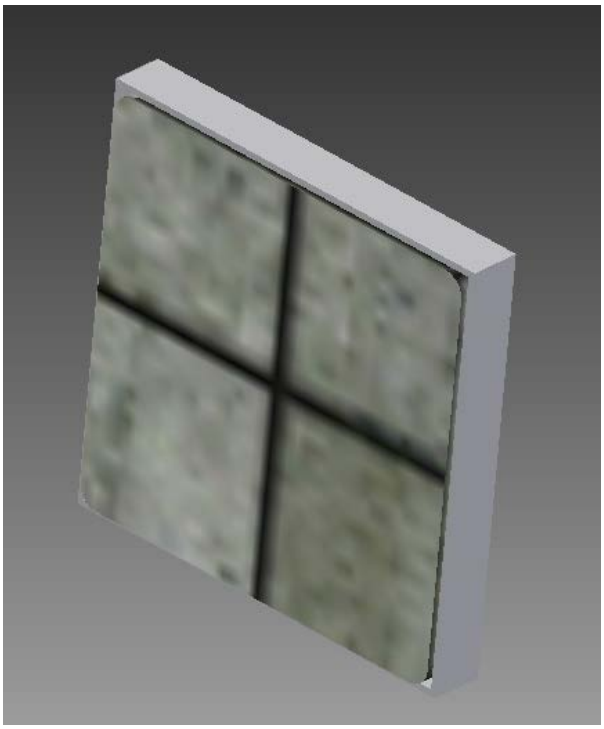


Fig. Base lana mineral.

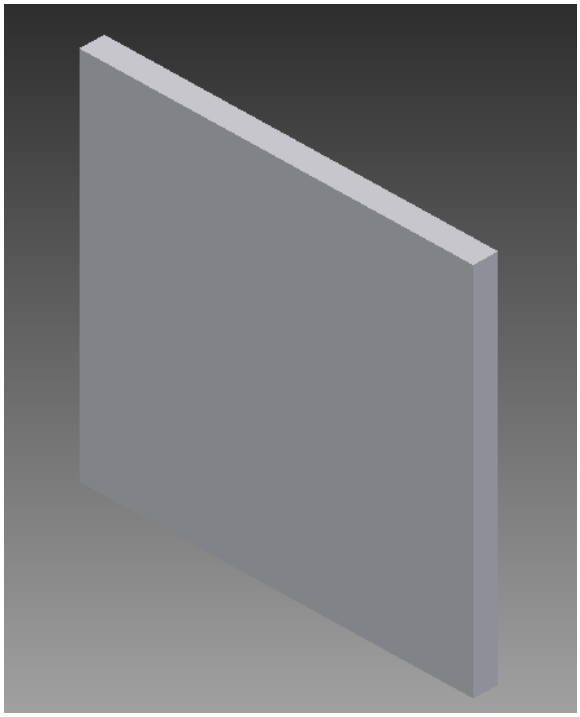


Fig. Porta sustrato.

El ensamble del sistema térmico queda de la siguiente manera:

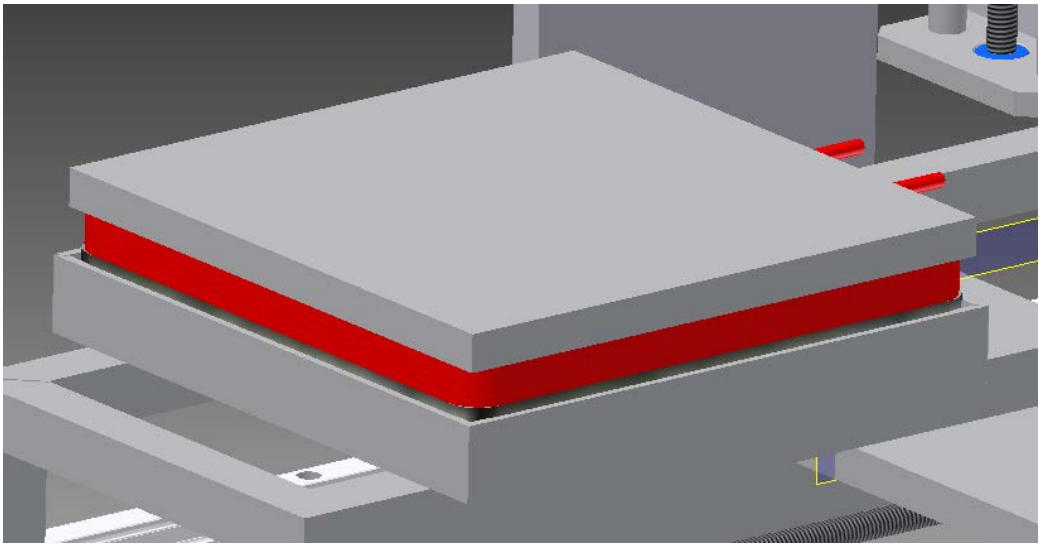


Fig. Ensamble del sistema térmico.

Describiendo el sistema térmico, queda que sobre la base de PTR, se colca la base de la lana mineral, encima de esta se coloca con tornillos la plancha térmica y en seguida el porta sustratos.

3.7.1.1 Selección del Sistema de Boquillas y de Aspersión.

Al igual que en la sección anterior, para seleccionar la boquilla se tuvo en consideración principal las variables de entrada encontradas en la literatura para el crecimiento de películas delgadas de TiO_2 nano poroso, en la cual se indica una Presión de Atomización de 3.0 kg/cm^2, una distancia entre sustrato y boquilla de 300 mm y una tasa de depósito de 0.5 ml/s, con abanicos de spray de 2.5 a 20 cm en abanico.

Por lo anterior se procedió investigar con proveedores del área bajío para realizar la cotización y especificación de la boquilla y del sistema de aspersión. Se encontró un proveedor: Spraying systems México,S.A de C.V.

Spraying Systems México, S.A. de C.V.

Acceso B No. 102 Parque Ind. Jurica C.P. 76120 Querétaro, Qro. Tel: (442)218-4571 Fax: (442)218-2480 www.spray.com.mx

Querétaro, Qro., a 23 de mayo de 2012. **Ref: Q-BA2-03992-D02**

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato (V0292)

Tel: (456) 643 6265 Guanajuato Gto.
E-mail: physque72@hotmail.com

Att'n: PHD: Alfonso Ruiz

Muy Señores Nuestros:

Por medio de la presente, les enviamos un cordial saludo y de acuerdo a su solicitud, nos permitimos poner a su atenta consideración la siguiente cotización:

Partida	Cantidad de Piezas	Modelo	Descripción	Precio Unitario	Total Partida
1	2	1/4JAUCO+SU16B+SSBR	Pistola de aspersion Neumatica con conjunt	$1,020.97	$ 2,041.94
2	1	38685-5-SS	Tanque presurizado de 5 galones	$1,232.66	$ 1,232.66
3	1		Cargo por envio	$12.00	$ 12.00
			SUBTOTAL EN DOLARES (SIN IVA)		**$ 3,286.60**

*Para Mayor Información acerca de este material, puede consultar nuestro catálogo de productos o consultar nuestra página web: www.spray.com.mx

***SOLO SE ACEPTAN ORDENES DE COMPRA MAYORES A $100.00 USD (+cargo por envio + IVA)**

El cargo por envio incluye el servicio regular terrestre via ESTAFETA por todo el material en el embarque. Para cualquier otro medio, favor de proporcionarnos su número de cuenta.

Estos precios son EXW nuestra planta en **Querétaro, Qro.** en dólares americanos.
Nuestros precios son por escalas y varian según cantidad requerida y hay que agregarles el I.V.A.
La factura se emitirá en Dólares, la cual podrá ser pagada en dólares americanos o en su equivalente en moneda nacional al tipo de cambio del Diario Oficial de la Federación del dia anterior de la fecha de pago.

Tiempo de Entrega: 2 a 3 semanas después de haber recibido su pago y su pedido por escrito.
Condiciones de Pago: 50% de anticipo para poder tramitar su orden y el resto para poder embarcar.
Vigencia de Cotización: 30 días a partir de la fecha de esta cotización

NOTA: En caso de vernos favorecidos con su pedido, le agradeceremos nos haga llegar el nombre y correo electrónico de la persona encargada de cuentas por pagar para poderles hacer llegar su factura electrónica. Es indispensable que recibamos esta información para poder dar trámite a su pedido.

Atentamente,
Spraying Systems México
George Ortes
(442) 218 5570

Expertos en Tecnología de Aspersión

Spray Nozzles — Spray Control — Spray Analysis — Spray Fabrication

Fig. Cotización de la Boquilla.

Series 1/8J y 1/4J, Combinaciones de Aspersión por Presión, Mezcla Externa

F

Boquillas de Aire

Boquillas de aire de mezcla externa producen un patrón de aspersión plano.

Características y Beneficios

- Utilizando combinaciones de aspersión de mezcla externa se puede controlar la atomización por medio de la variación de la presión de aire sin cambiar el flujo del líquido.
- Para las aspersión plana, las dimensiones "A", "B" y "C" son los anchos del patrón de aspersión a diferentes distancias desde la boquilla.
- La distancia total de la proyección de la aspersión desde la boquilla hasta el punto máximo de dispersión se representa con "D".
- Cuando se utiliza un sistema alimentado por presión, el líquido se suministra a la boquilla a presión.
- El líquido y el aire comprimido o gas se mezclan externamente para producir una aspersión totalmente atomizada.

El anillo de retención 1188 y el empaque Sólo se deben pedir por separado de la combinación de aspersión, pero están incluidos en el conjunto de boquilla estándar. Por favor consulte su distribuidor Spraying Systems.

Datos de Desempeño

Aspersión Plana (Mezcla Externa)

*A la presión indicada en bar.

No. Combinación de Aspersión	La Combinación de Aspersión Consta de una Boquilla de Líquido y una Boquilla de Aire	Capacidad del Líquido (litros por minuto)* y Capacidad del Aire (litros por minuto)*															Dimensiones de la Aspersión					
		Presión de Líquido																				
		0.5			0.8			0.7			1.0			2								
		Presión Aire	Líq	Aire (m/m)	Presión Aire	Líq	Aire (m/m)	Presión Aire	Líq	Aire (m/m)	Presión Aire	Líq	Aire (m/m)	Presión Aire	Líq	Aire (m/m)	Aire*	Líquido*	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)
SU1/8J	Boquilla de Líquido 1/8J + Boquilla de Aire 67338-40*	.30	.30	8.3	.50	.30	20.3	.70	.30	31.3	1.4	.70	40.3	2.8	11.0	70.8	.30	.30	8.0	10.0	33	.90
		.50	.30	8.3	.70	.30	31.3	1.05	.30	36.8	1.75	.70	56.4	3.5	11.0	85	1.05	.30	8.0	10.0	33	1.3
		.70	.30	8.3	1.05	.30	36.8	1.4	.30	40.3	2.1	.70	56.5	4.3	11.0	100	1.4	.30	10.0	10.0	33	1.3
		1.05	.30	8.8	1.4	.30	40.3	1.75	.30	53.8	3.5	.70	70.8	4.8	11.0	115	1.4	1.4	11.0	10.0	33	1.5
		1.4	.30	40.3	1.75	.30	53.8	2.1	.30	56.4	3.5	.70	85	5.3	11.0	127.5	1.75	.70	11.0	10.0	34	1.5
		1.75	.30	53.8	2.1	.30	56.4	3.5	.30	73.8	4.3	.70	100	5.8	11.0	139	2.8	1.4	13.0	10.0	36	1.8
		2.1	.30	56.4	3.5	.30	73.8	3.5	.30	85	5.8	.70	115	8.3	11.0	155	4.8	2.8	13.0	10.0	34	2.4

Agregue DF al número de parte para combinaciones "Drip Free™" (libre de goteo). Ejemplo: SU11DF.

Spraying Systems Co.®
Experts in Spray Technology

F15

Fig. Especificaciones de la Boquilla.

Fig. Sólido de la Boquilla.

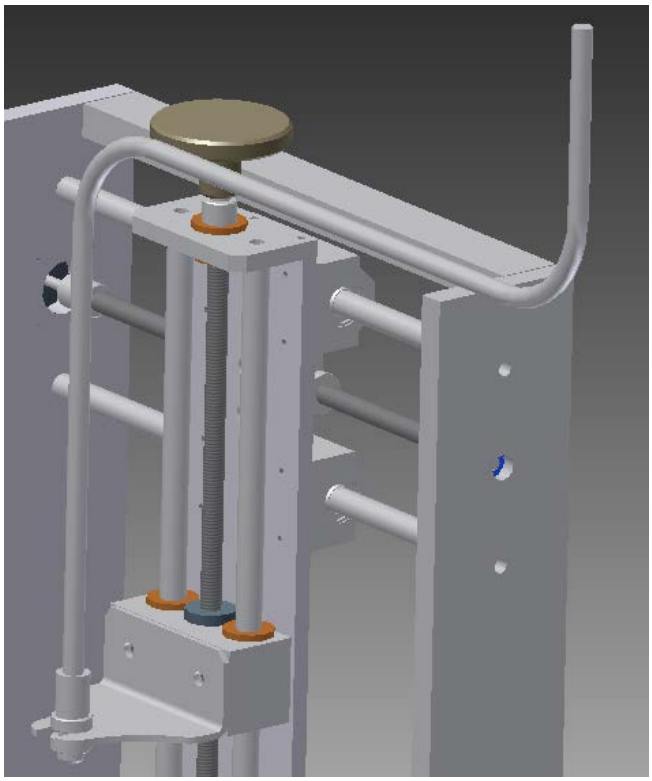


Fig. Sólido del Sistema de Aspersión

El sistema de aspersión está conformado por un compresor neumático ó de un tanque presurizado de 5 galones, línea neumática o “tubbing” y de la boquilla que se apoya en la base y que se ajustará su altura con la perilla y el tornillo**.**

3.8 Ensamble general del equipo SPD

De acuerdo a lo ya obtenido se procede a ensamblar todas las partes que conforman el equipo SPD, para mayor detalle en la parte de resultados se encuentran los planos de fabricación, en la siguiente figura se muestra el equipo SPD ya ensamblado.

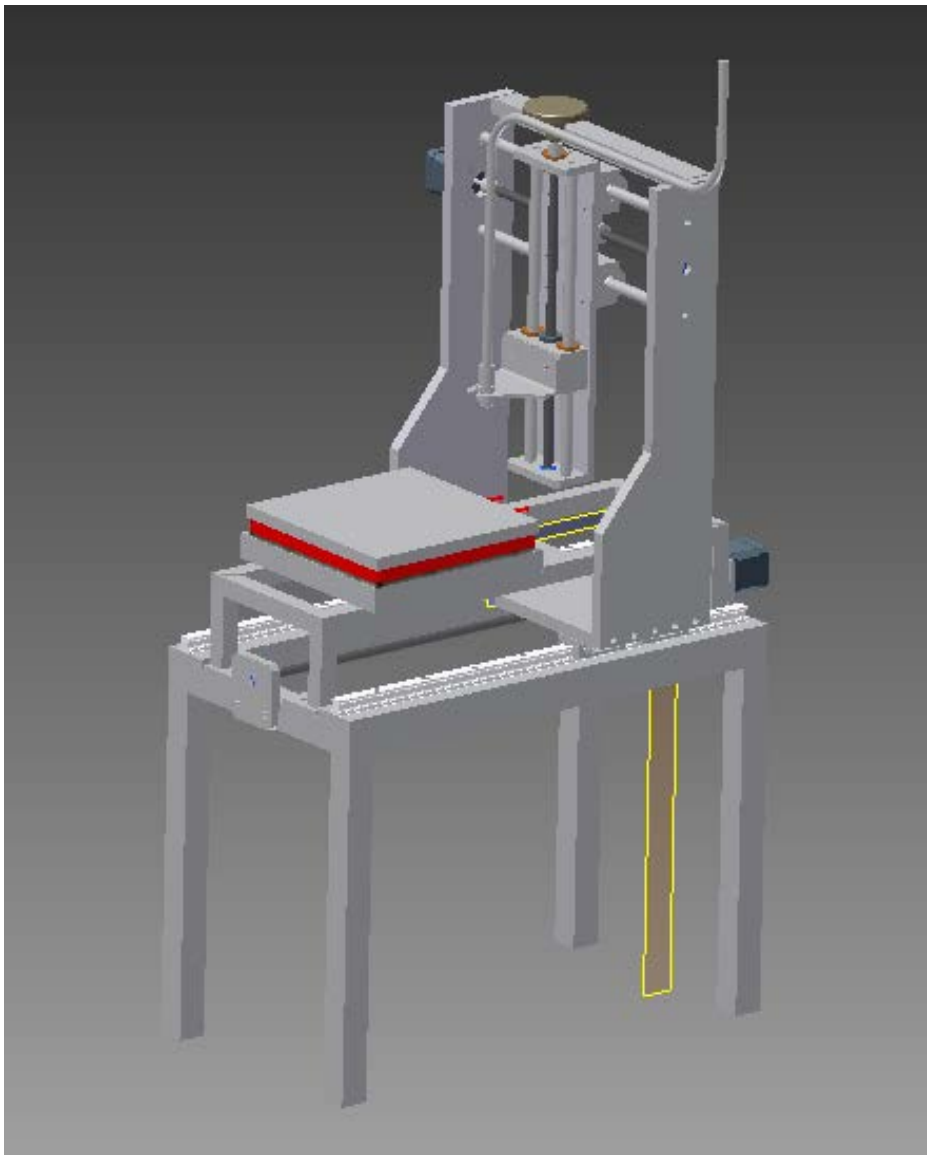


Fig. Ensamble general del equipo SPD.

Capitulo III.

Resultados y discusión del diseño del equipo SPD.

3.1 Planos de Fabricación y modelos sólidos de los componentes del equipo SPD.

Se desarrollaron 21 planos de taller con cada uno de los componentes del equipo, detallando su proceso de manufactura, así como materiales a emplear. De la misma manera se tienen 81 modelos sólidos de dichos componentes y sus respectivos ensambles y sub ensambles.

En la siguiente tabla se muestran los atributos del equipo diseñado contra equipos SPD que cuentan con patente:

Nº	Equipo	Inventores y Patente y año	Portatil	Calentamiento por flama	Calentamiento por resistencia	Neumático	Ultrasónico	Movimiento en tres ejes
1	Formation of highly porous gas-sensing layers by deposition of nanoparticles produced by flame spray pyrolysis	Nicolae Barsan Aleksander Gurlo Lutz Mädler Sotiris Pratsinis Albert Rössler Udo Weimar EP1669747 A1 2006		x			x	
2	Spray pyrolysis or spray drying method and facility for the implementation thereof	Dietmar Raulin Stefan Remke EP1189835B1 2005			x	x		

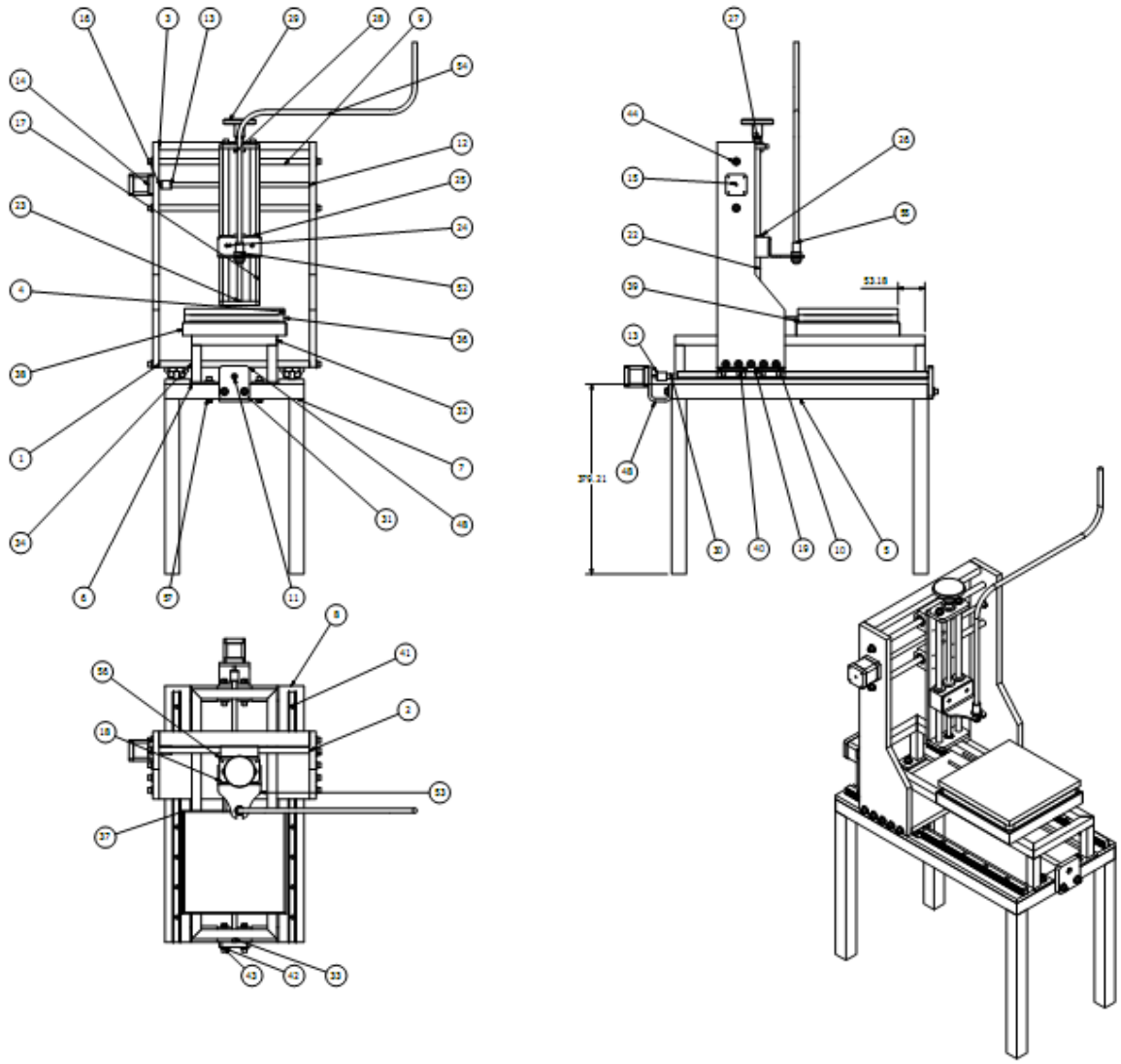
3	Solar cell based on CulnS2 absorber layer prepared by chemical spray pyrolysis	Malle Krunks, Arvo Mere, Olga Kijatkina B05D007/00 2005			x	x		
4	Aerosol method and apparatus for making particulate products	H. James Brewster E. David Dericotte J. Mark Hampden-Smith T. Toivo Kodas H. Quint Powell EP1123181 A1 2005			x	x		
5	Equipo SPD para aplicaciones en celdas solares	L. Alfonso Ruiz J. Cano Ramírez A. Arreguín R. Ledezma Jaime J. Zárate Flores En tramite 2012	x		x	x		x

Como se puede observar de la tabla anterior el equipo diseñado es altamente competitivo en atributos y también en precio pues tomando como referencia a los comerciales, estos oscilan entre los $50,000.00 USD y los $200,000.00 usd. Fuente: Indiamart, http://trade.indiamart.com/details.mp?offer=2820312812.

3.23.2 Planos de Taller

A continuación se muestran los planos de taller respectivos a los componentes de sistema y de máquina, incluyendo materiales, proceso de manufactura, tolerancias y número de partes.

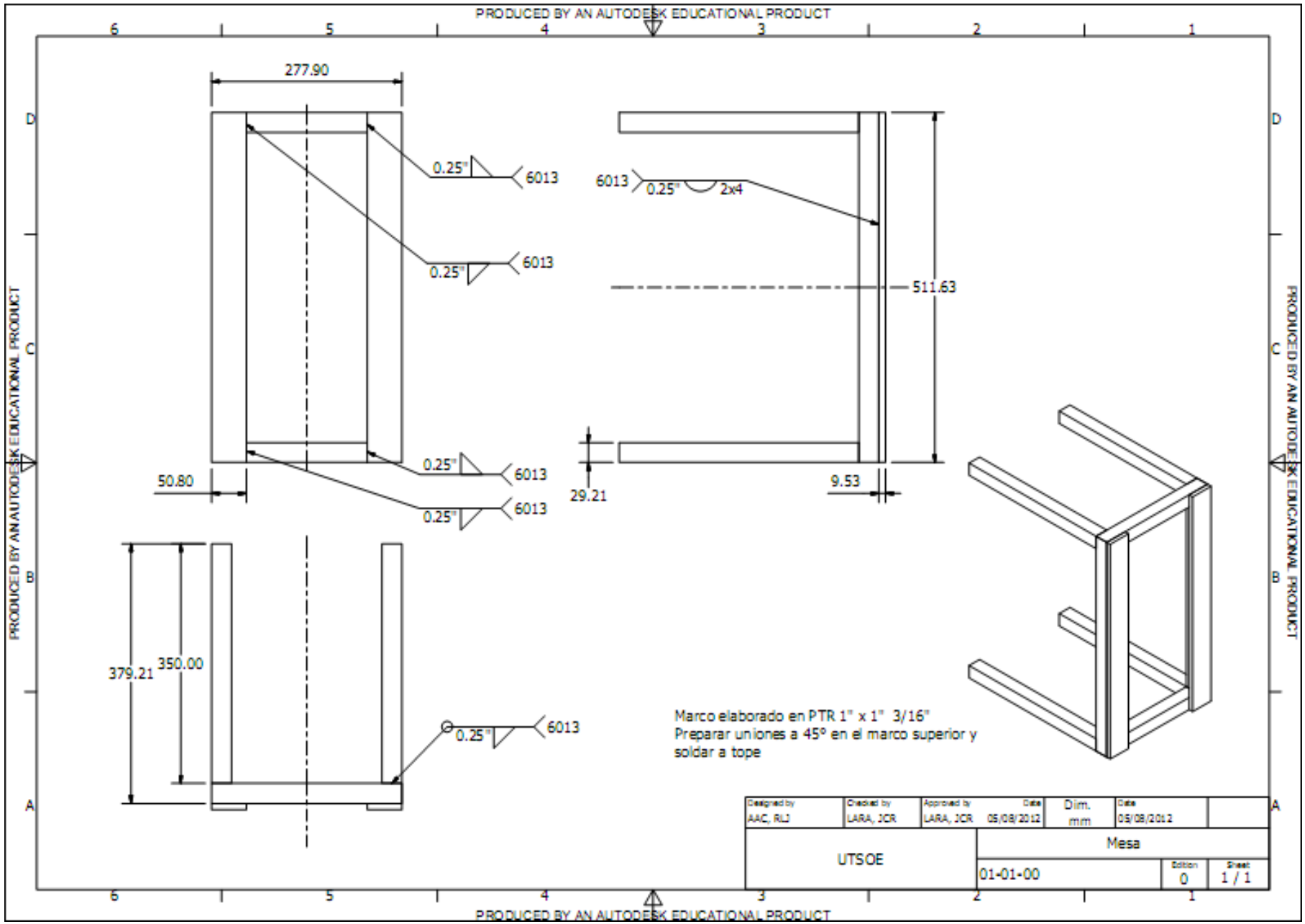
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

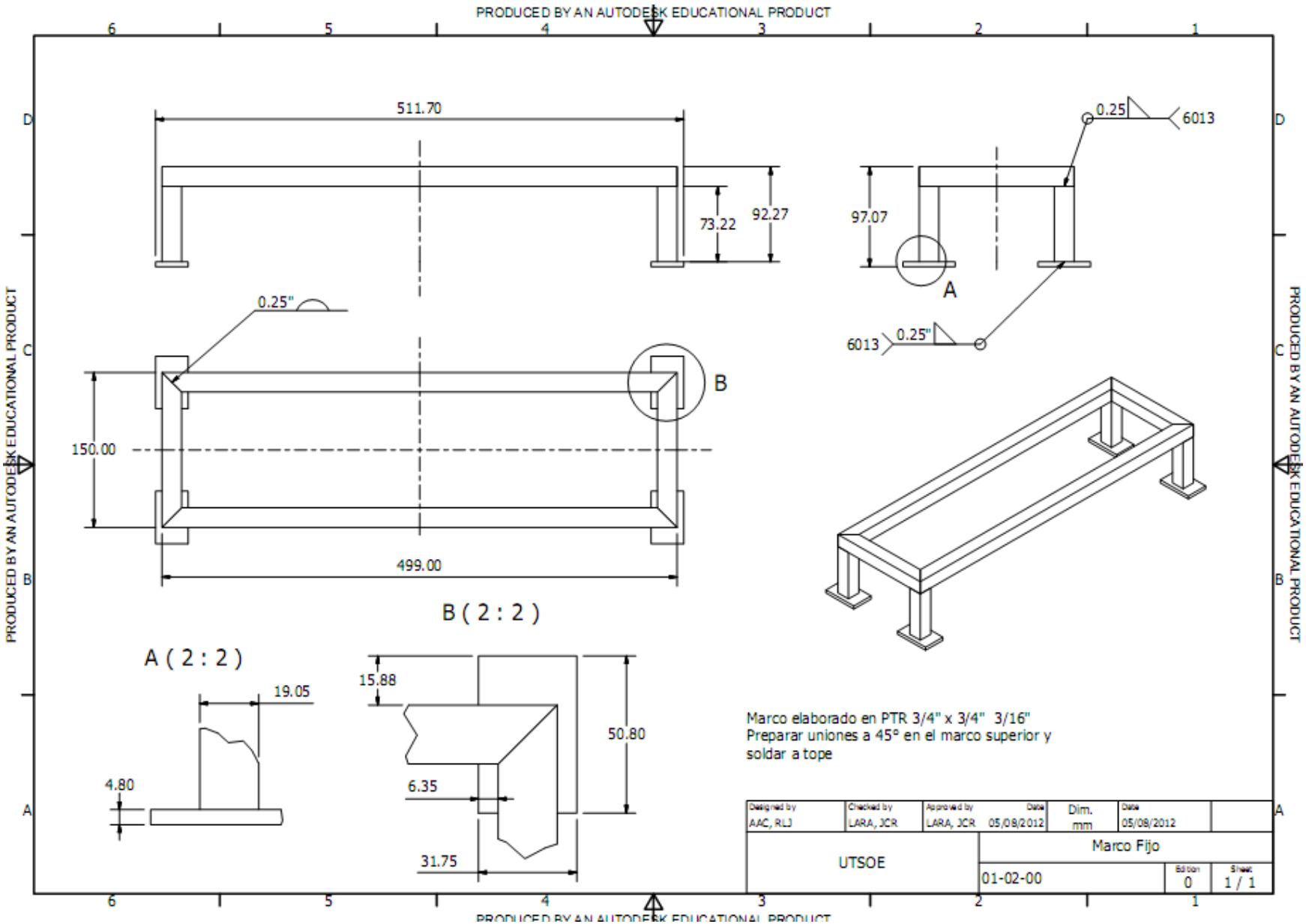


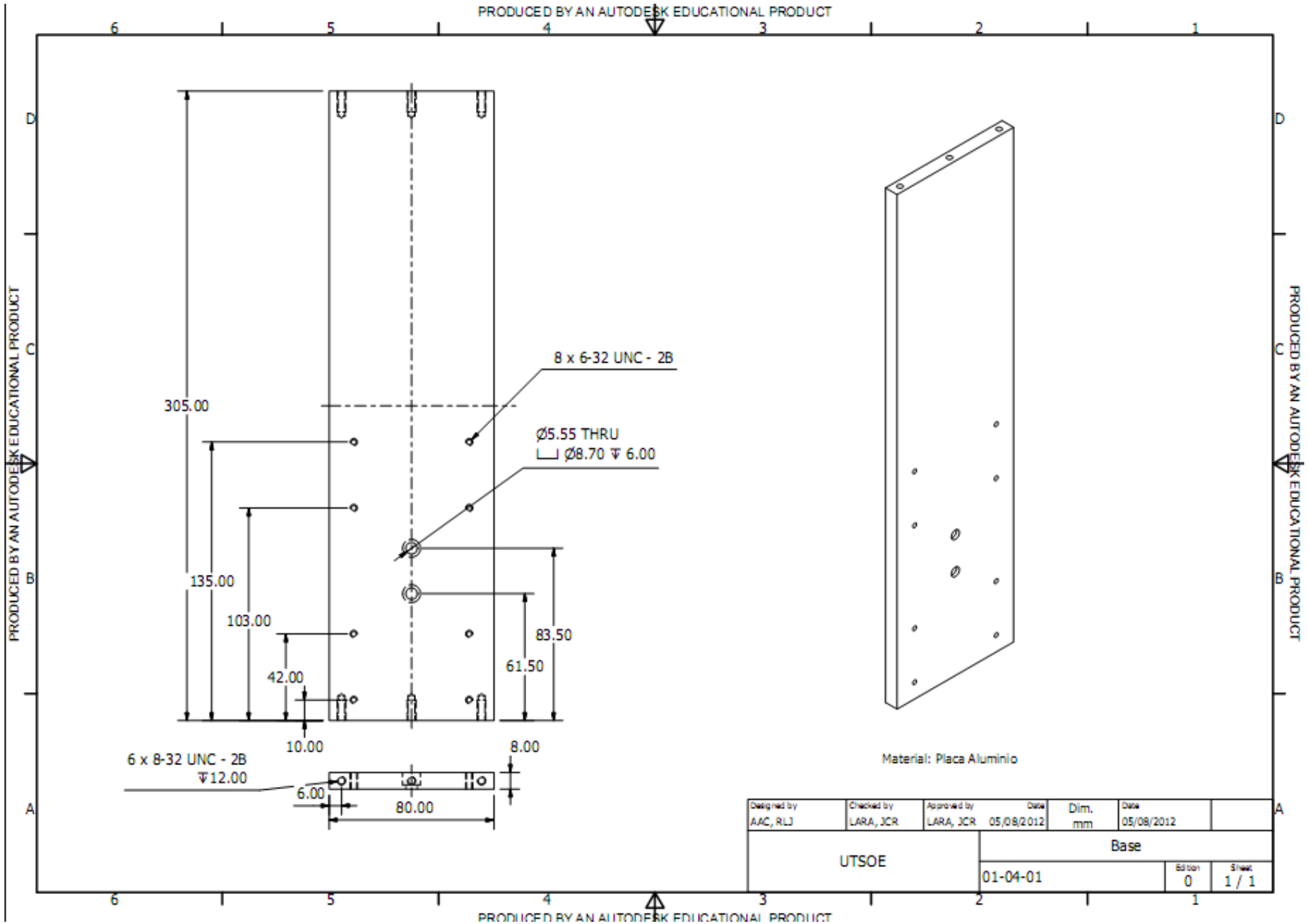
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	pi-02	
2	1	pi-01	
3	1	pi-03	
4	1	sustrato	
5	2	pt>01	
6	2	pt>02	
7	4	pt>03	
8	2	sol-01	
9	2	flecha	
10	1	pi-01-mirror	
11	3	RODAMIENTO	
12	1	TORNILLO	
13	2	BUJE	
14	2	motorcuerpo	
15	4	motor	
16	2	eje-motor	
17	1	base	
18	1	placa	
19	2	soporte	
20	2	buje-01	
21	1	placa-mirror	
22	2	flecha-eje Y	
23	1	TORNILLO-eje Y	
24	1	bloque	
25	2	buje-desgaste	
26	1	buje-02	
27	1	BUJE-z	
28	1	buje-desgaste-ejez	
29	1	perilla	
30	1	TORNILLO-eje x	
31	1	base balero X	
32	2	pt>05	
33	2	pt>06	
34	4	pt>07	
35	4	sol-02	
36	1	PLANCHA	
37	2	ANG-01	
38	2	ANG-02	
39	1	lanamineral	
40	4	Part2	
41	2	Part4	
42	24	ASTM F436 - 1/4	Washer A
43	24	ASME B18.21.1 - 1/4	Regular Helical Spring Lock Washers(Inch Series)
44	24	ANSI B18.3 - 1/4 - 20 UNC - 1/4 HS HCS	Hexagon Socket Head Cap Screw
48	1	pi-05	
52	1	Boquilla	
53	1	pi06	
54	1	tubing	
55	1	copie	
56	2	Part11	
57	8	IFI 100/107 - 1/4 - 20 Metal Type	Prevailing Torque Type Hex Nut

Designed by: [illegible]	Drawn by: [illegible]	Approved by: [illegible]	Date: [illegible]	Date: [illegible]
UTSCE	Ensamble			
	01-00-00		Sheet 0	Sheet 1 / 1

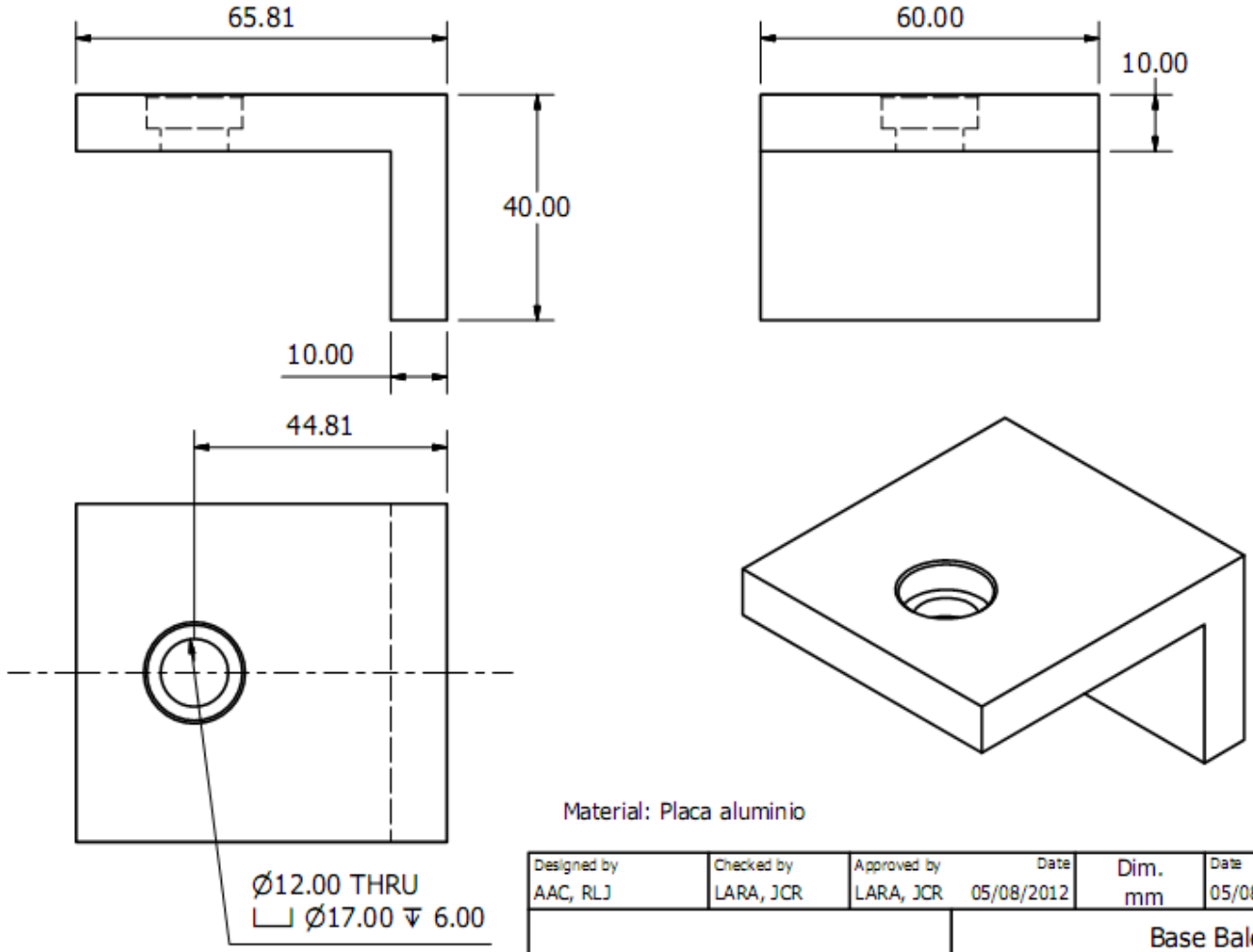
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
277.90
0.25"
6013
2x4
511.63
50.80
29.21
9.53
379.21
350.00
Marco elaborado en PTR 1" x 1" 3/16"
Preparar uniones a 45º en el marco superior y
soldar a tope
Designed by
AAC, RLJ
Checked by
LARA, JCR
Approved by
LARA, JCR
Date
05/08/2012
Dim.
mm
Date
05/08/2012
UTSOE
Mesa
01-01-00
Edition
0
Sheet
1 / 1


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
511.70
73.22
92.27
97.07
0.25
6013
A
0.25"
B
150.00
499.00
B (2 : 2)
A (2 : 2)
19.05
4.80
15.88
6.35
31.75
50.80
Marco elaborado en PTR 3/4" x 3/4" 3/16"
Preparar uniones a 45° en el marco superior y
soldar a tope
Designed by AAC, RLJ
Checked by LARA, JCR
Approved by LARA, JCR
Date 05/08/2012
Dim. mm
Date 05/08/2012
UTSOE
Marco Fijo
01-02-00
Edition 0
Sheet 1 / 1


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
8 x 6-32 UNC - 2B
Ø5.55 THRU
⌴ Ø8.70 ↧ 6.00
305.00
135.00
103.00
42.00
10.00
83.50
61.50
8.00
6 x 8-32 UNC - 2B
↧12.00
6.00
80.00
Material: Placa Aluminio
Designed by AAC, RLJ
Checked by LARA, JCR
Approved by LARA, JCR
Date 05/08/2012
Dim. mm
Date 05/08/2012
UTSOE
Base
01-04-01
Edition 0
Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

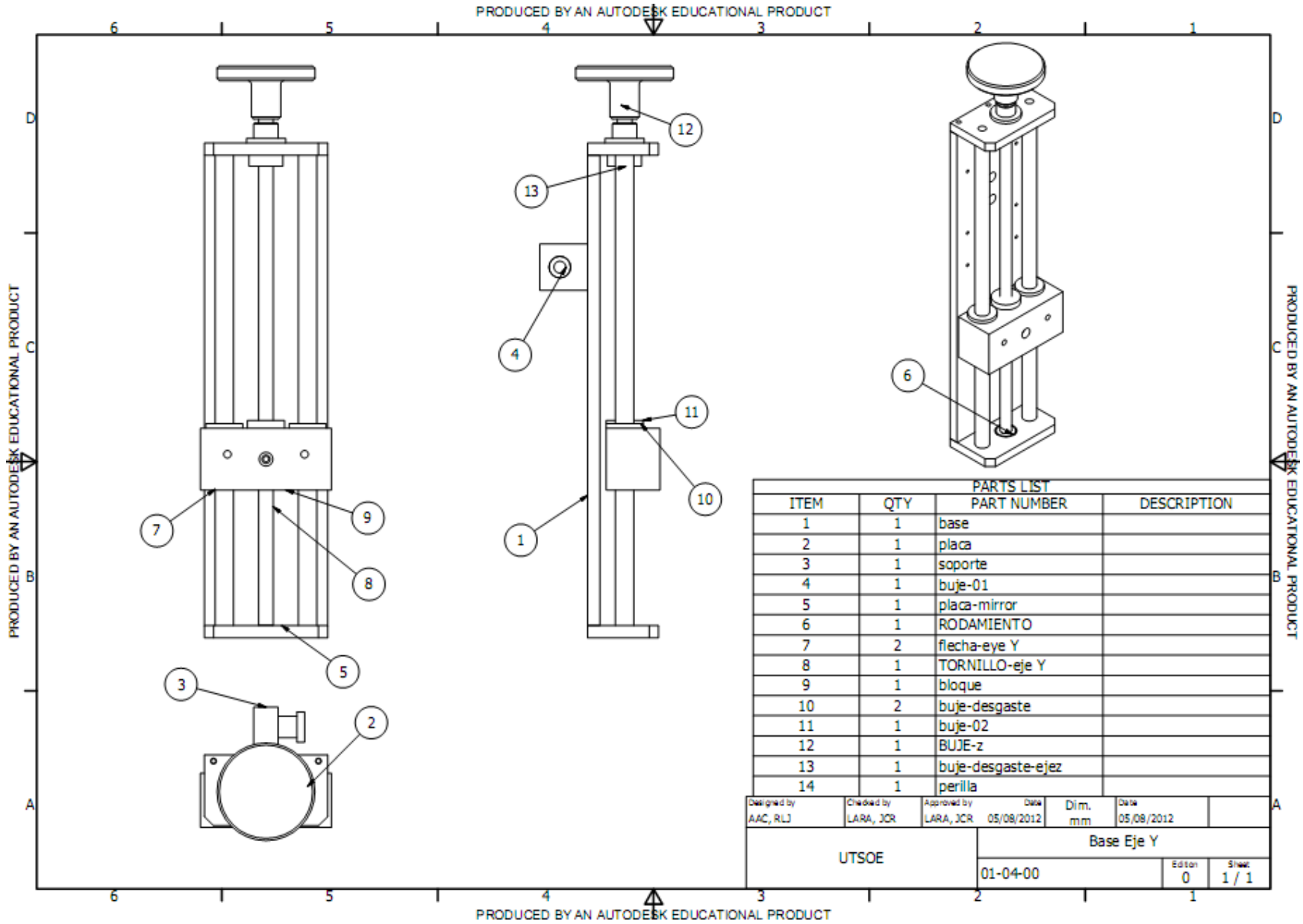


Material: Placa aluminio

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim. mm	Date
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012		05/08/2012

UTSOE	Base Balero		
	01-02-04	Edition 0	Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	base	
2	1	placa	
3	1	soporte	
4	1	buje-01	
5	1	placa-mirror	
6	1	RODAMIENTO	
7	2	flecha-eye Y	
8	1	TORNILLO-eje Y	
9	1	bloque	
10	2	buje-desgaste	
11	1	buje-02	
12	1	BUJE-z	
13	1	buje-desgaste-ejez	
14	1	perilla	

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim.	Date
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012	mm	05/08/2012

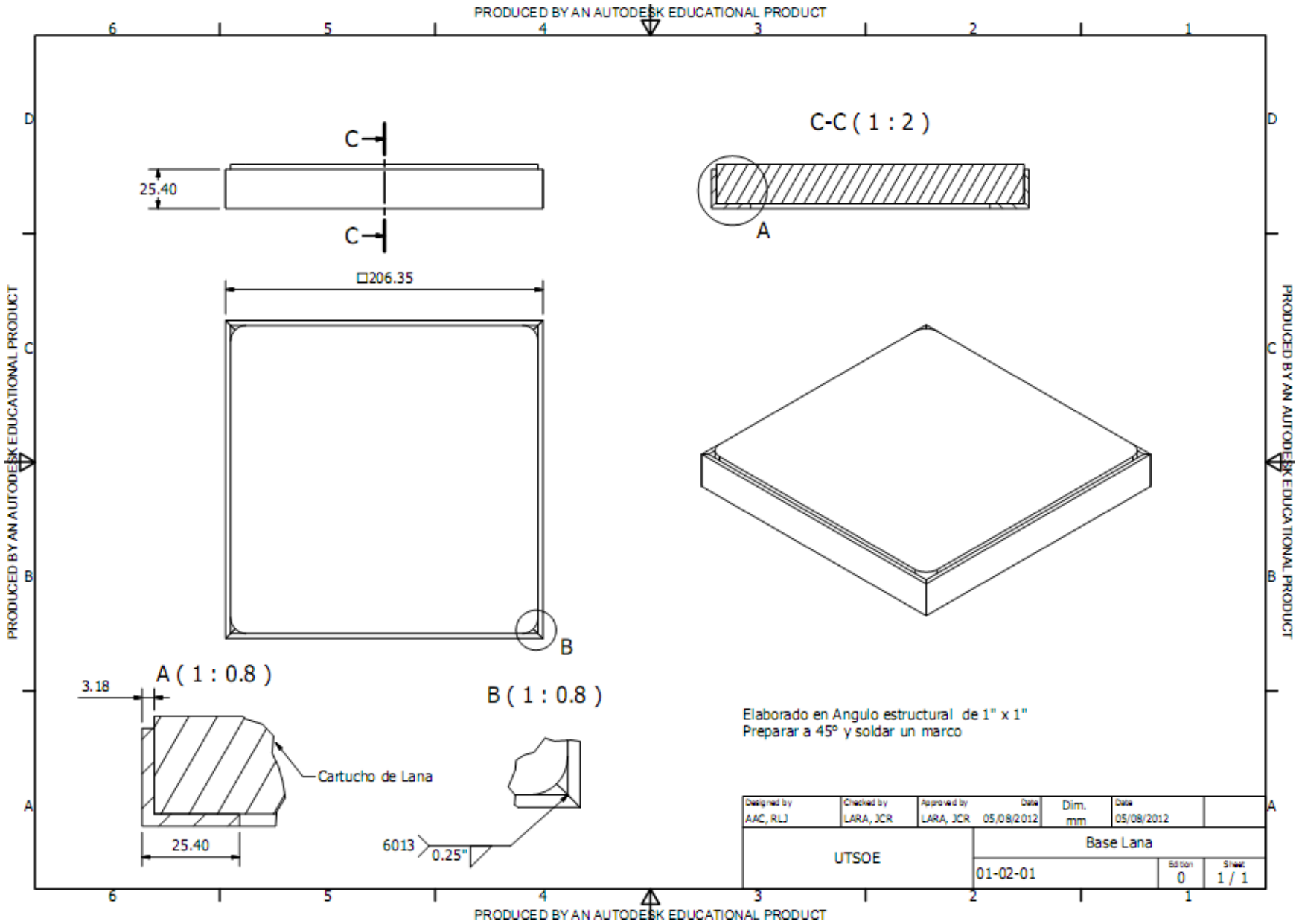
UTSOE

Base Eje Y

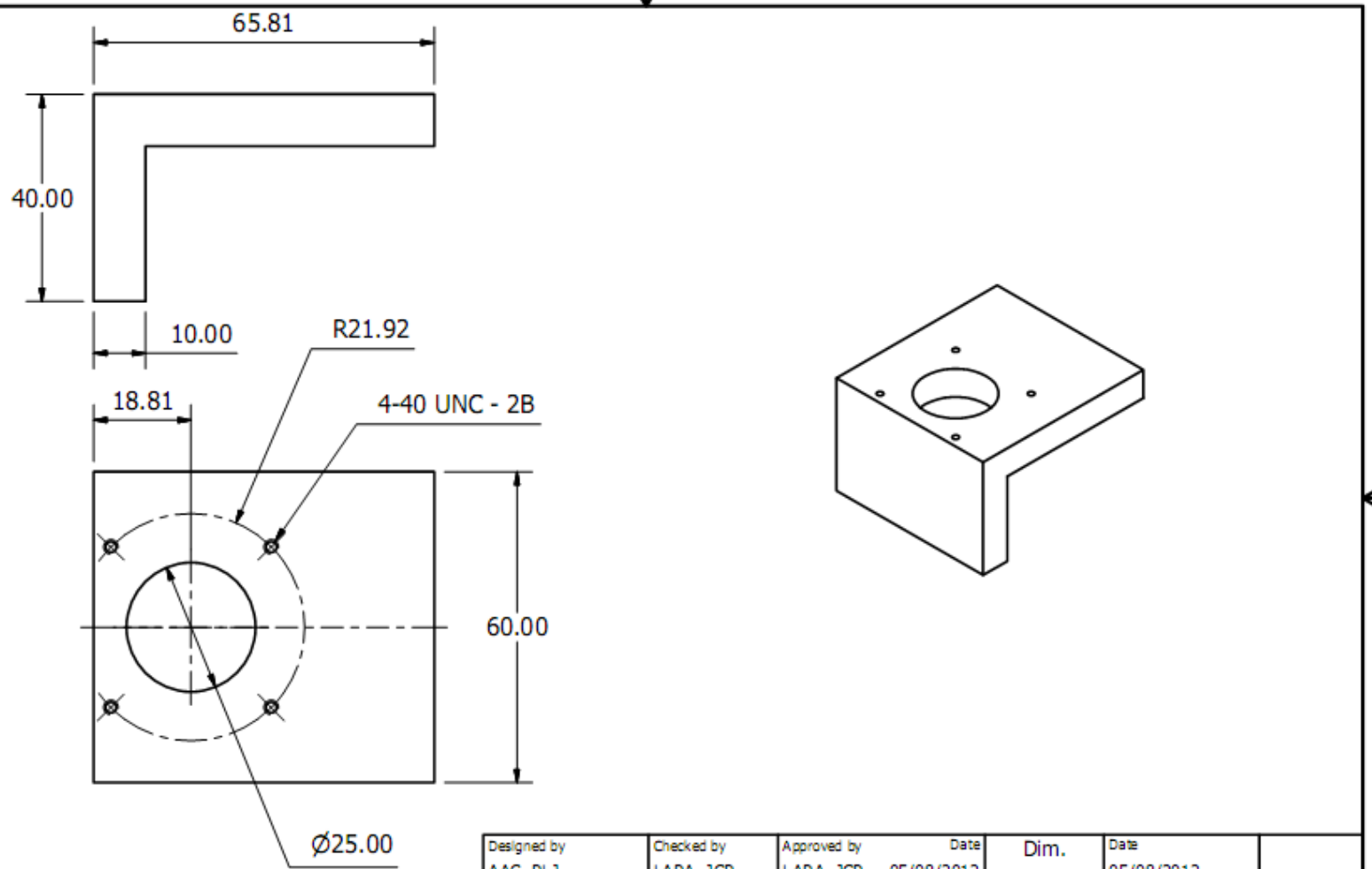
01-04-00

Edition 0

Sheet 1 / 1


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
C
25.40
C
C-C (1 : 2)
A
□206.35
B
A (1 : 0.8)
3.18
Cartucho de Lana
25.40
B (1 : 0.8)
6013
0.25"
Elaborado en Angulo estructural de 1" x 1"
Preparar a 45° y soldar un marco
Designed by AAC, RLJ
Checked by LARA, JCR
Approved by LARA, JCR
Date 05/08/2012
Dim. mm
Date 05/08/2012
UTSOE
Base Lana
01-02-01
Edition 0
Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim. mm	Date
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012		05/08/2012

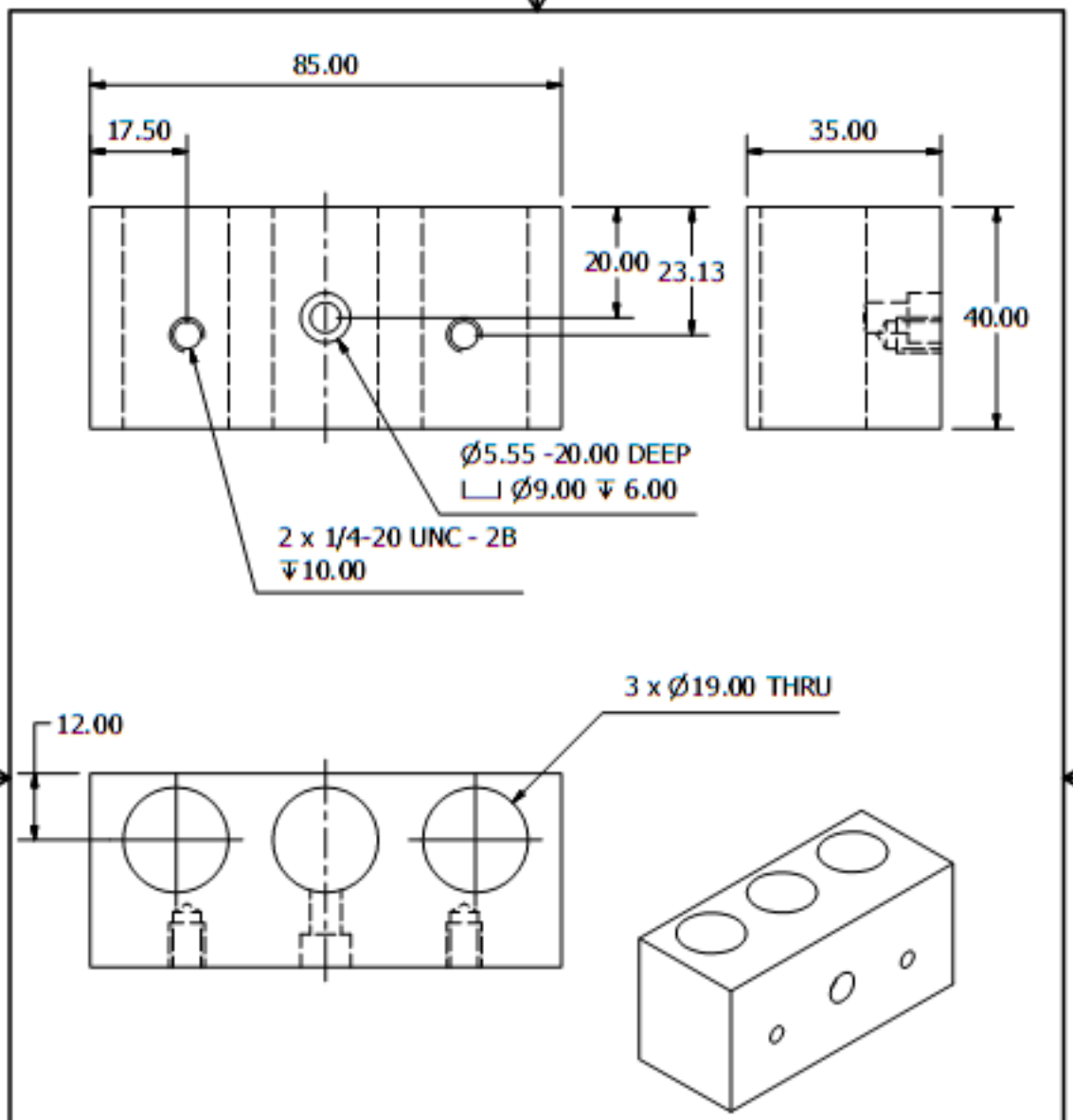
UTSOE	Base Motor		
	01-02-03	Edition 0	Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



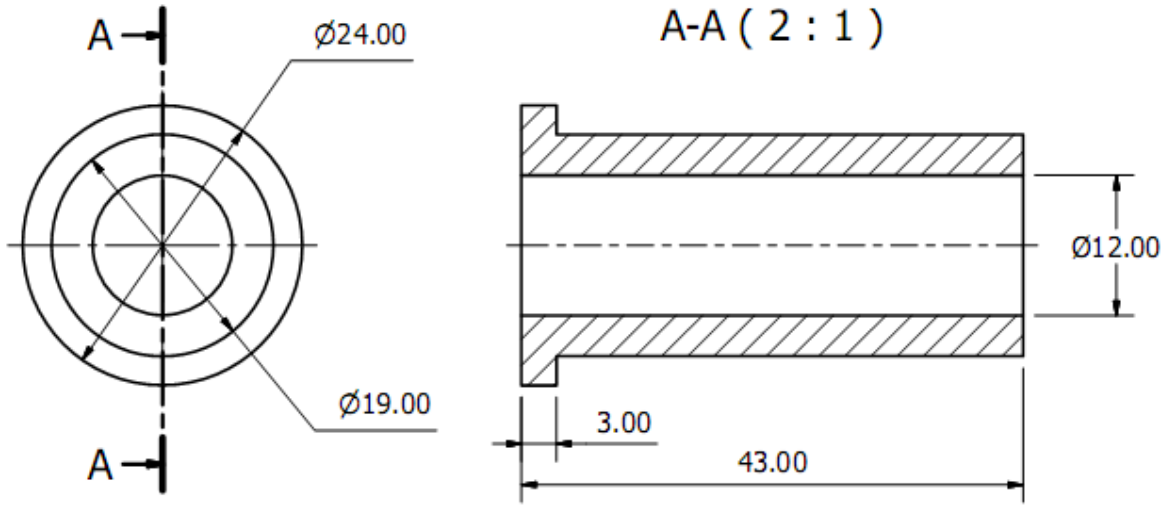
Material: Aluminio

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim. mm	Date	Qty.
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012		05/08/2012	1

UTSOE	Bloque Soporte boquilla		
	01-04-03	Edition 0	Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

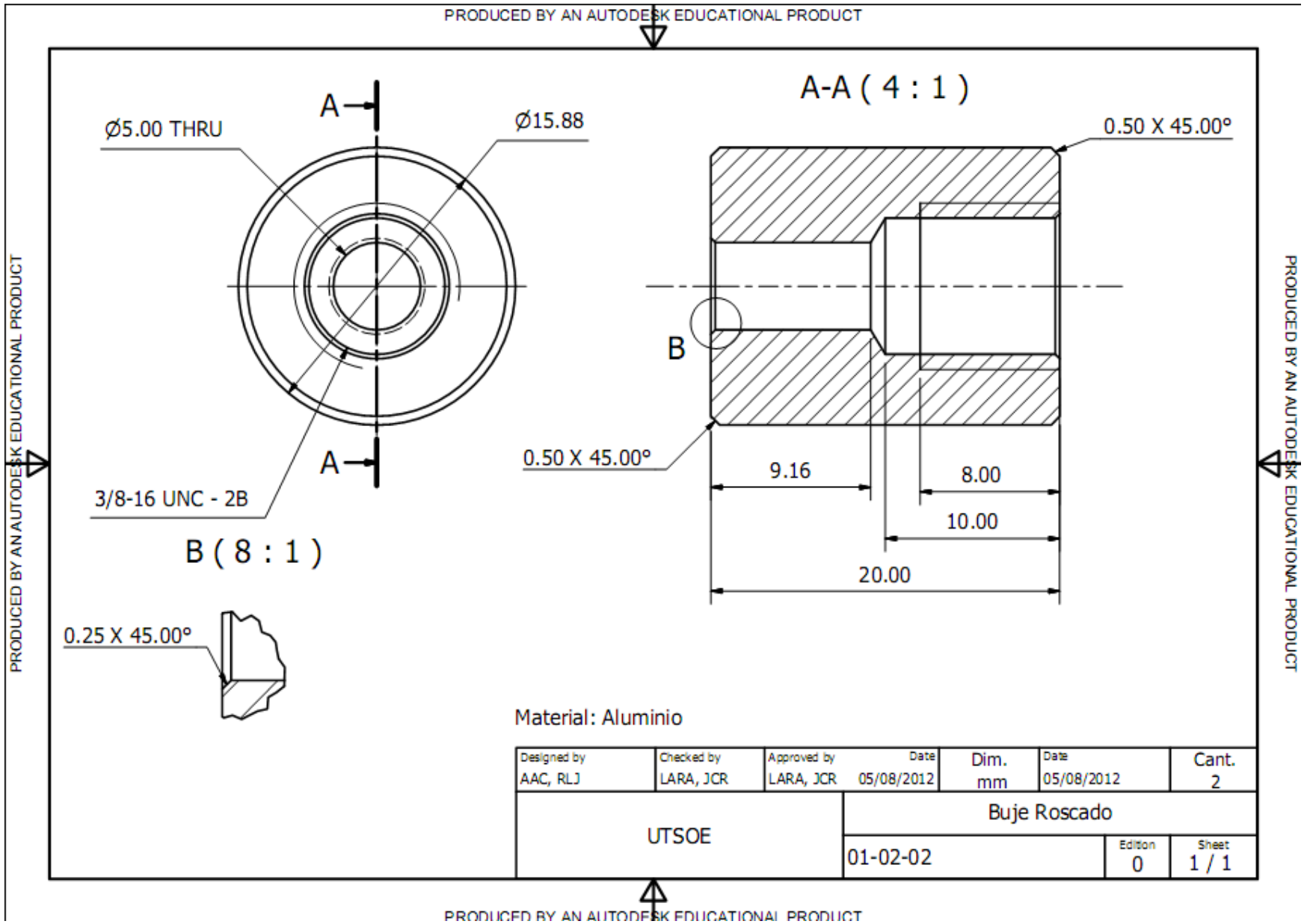


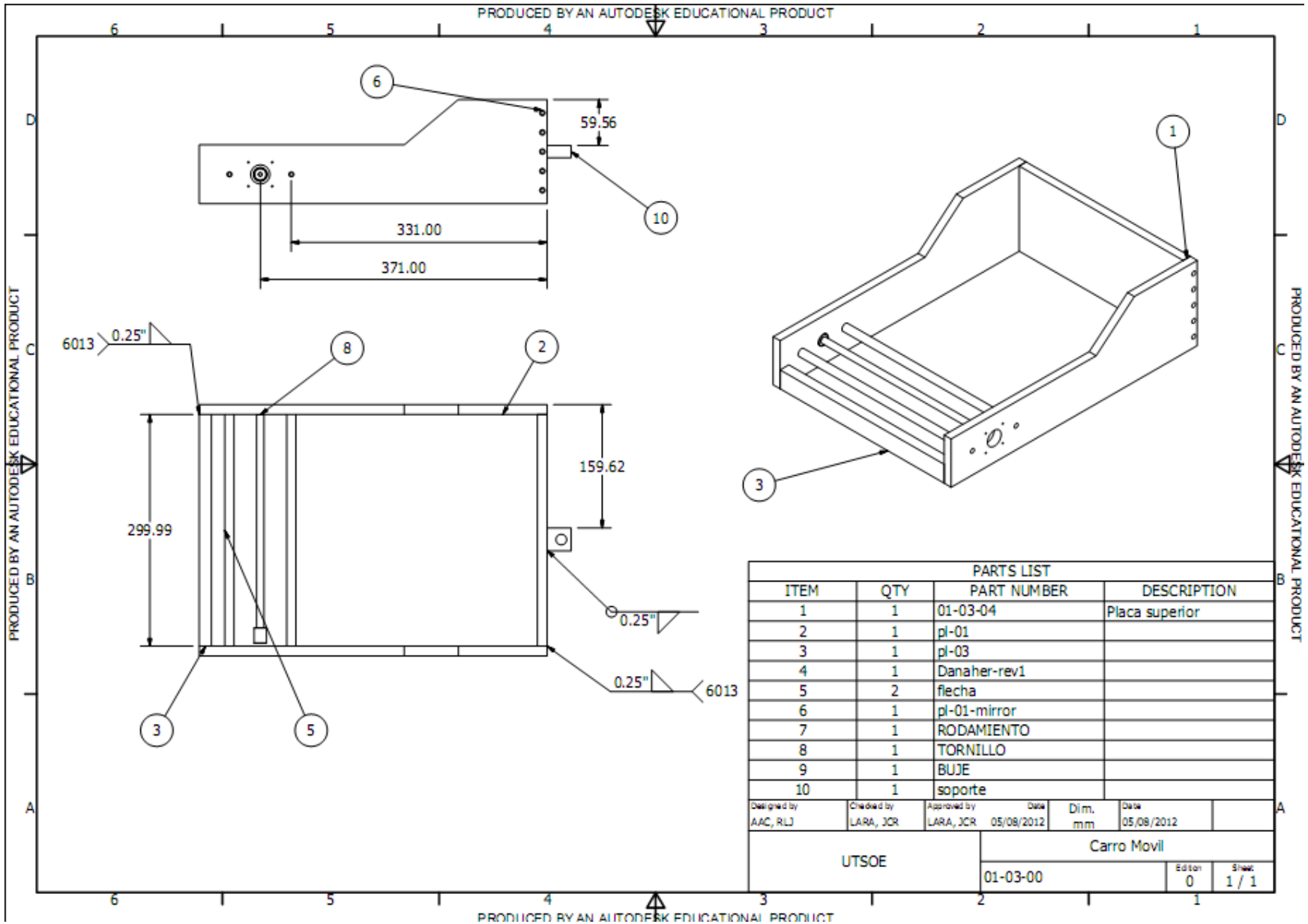
Material: Bronce prelubricado

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim. mm	Date	Cant.
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012		05/08/2012	1

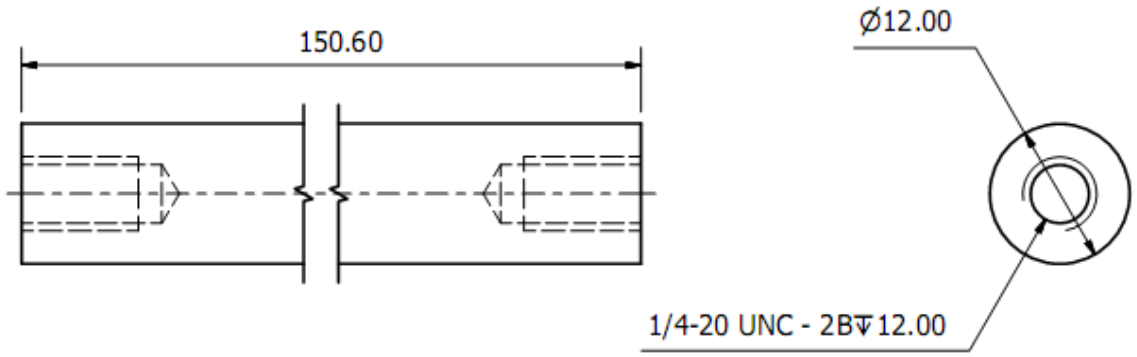
UTSOE	Buje Desgaste		
	01-04-05	Edition 0	Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
A
Ø5.00 THRU
Ø15.88
A
3/8-16 UNC - 2B
B (8 : 1)
0.25 X 45.00°
A-A (4 : 1)
0.50 X 45.00°
B
0.50 X 45.00°
9.16
8.00
10.00
20.00
Material: Aluminio
Designed by
AAC, RLJ
Checked by
LARA, JCR
Approved by
LARA, JCR
Date
05/08/2012
Dim.
mm
Date
05/08/2012
Cant.
2
UTSOE
Buje Roscado
01-02-02
Edition
0
Sheet
1 / 1


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
59.56
331.00
371.00
6013
0.25"
159.62
299.99
0.25"
0.25"
6013
PARTS LIST
ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION
1 | 1 | 01-03-04 | Placa superior
2 | 1 | pl-01
3 | 1 | pl-03
4 | 1 | Danaher-rev1
5 | 2 | flecha
6 | 1 | pl-01-mirror
7 | 1 | RODAMIENTO
8 | 1 | TORNILLO
9 | 1 | BUJE
10 | 1 | soporte
Designed by AAC, RLJ
Checked by LARA, JCR
Approved by LARA, JCR
Date 05/08/2012
Dim. mm
Date 05/08/2012
UTSOE
Carro Movil
01-03-00
Edition 0
Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



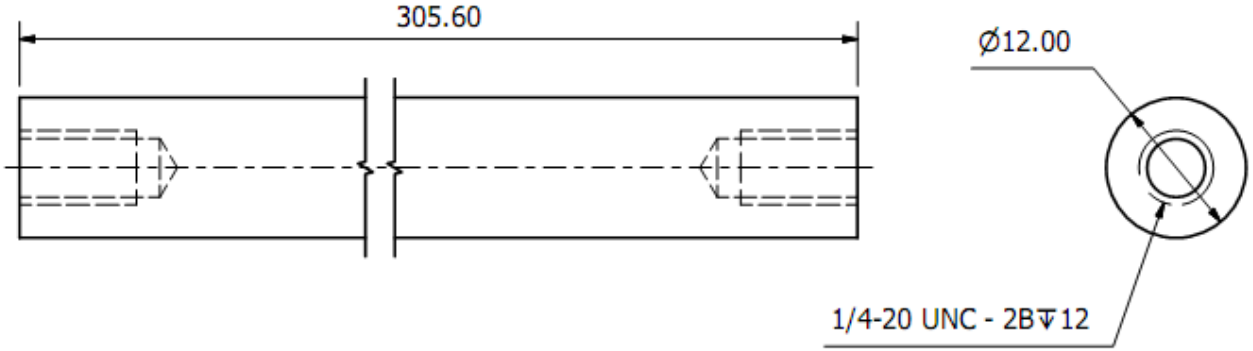
Material: Acero 1045

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim.	Date	Cant.
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012	mm	05/08/2012	2

UTSOE	Flecha Eje Y		
	01-04-06	Edition 0	Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

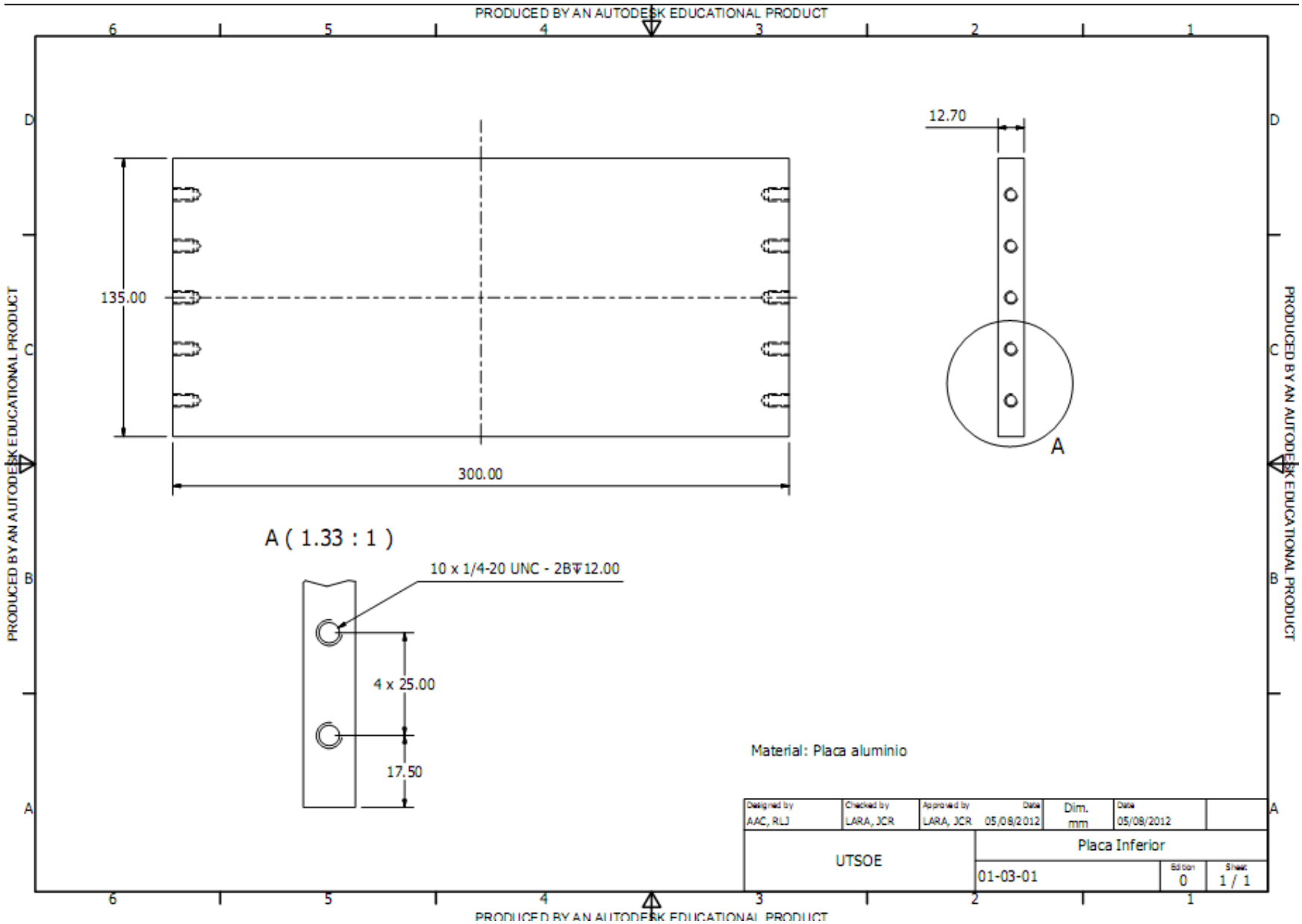


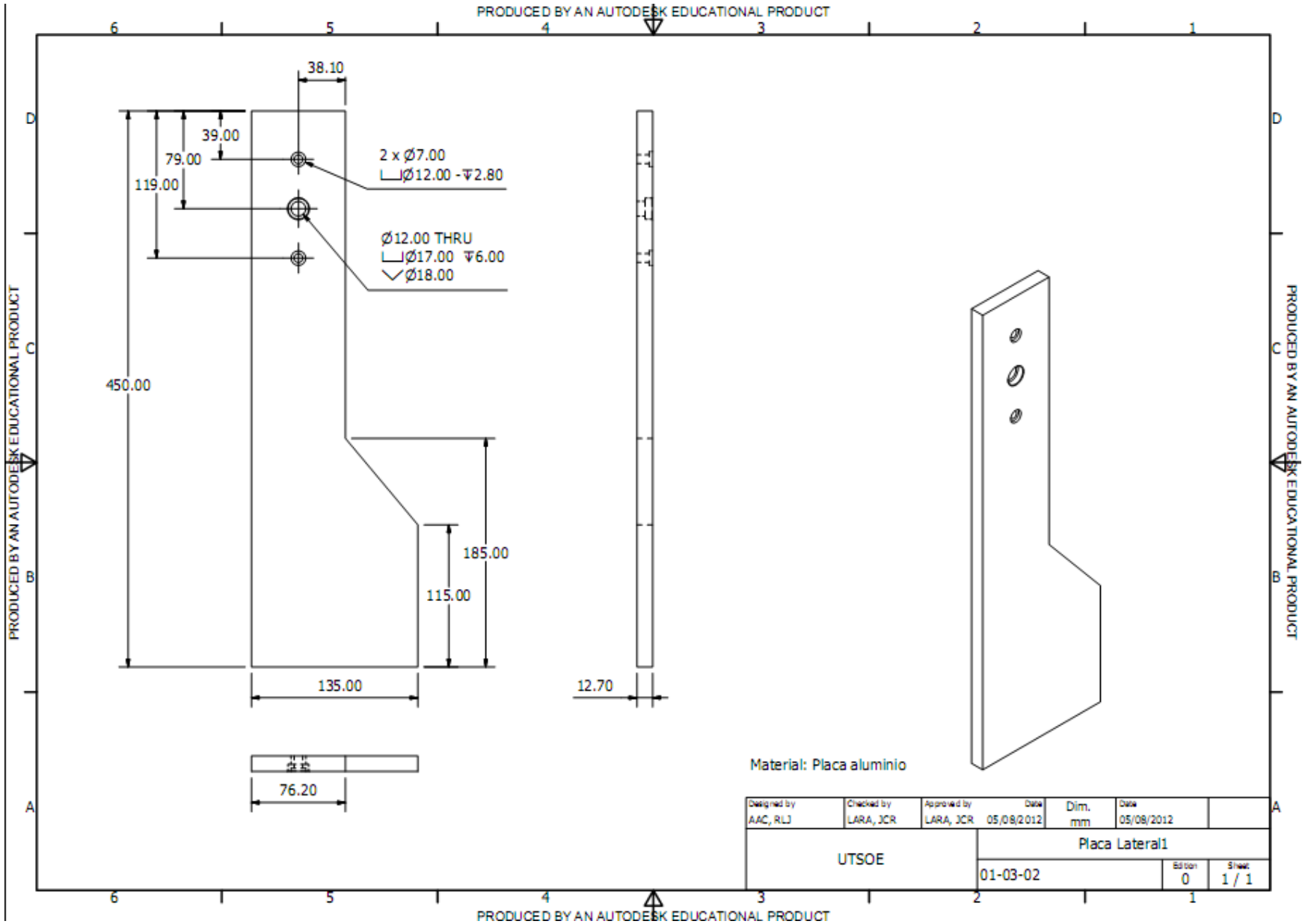
Material: Acero 1045

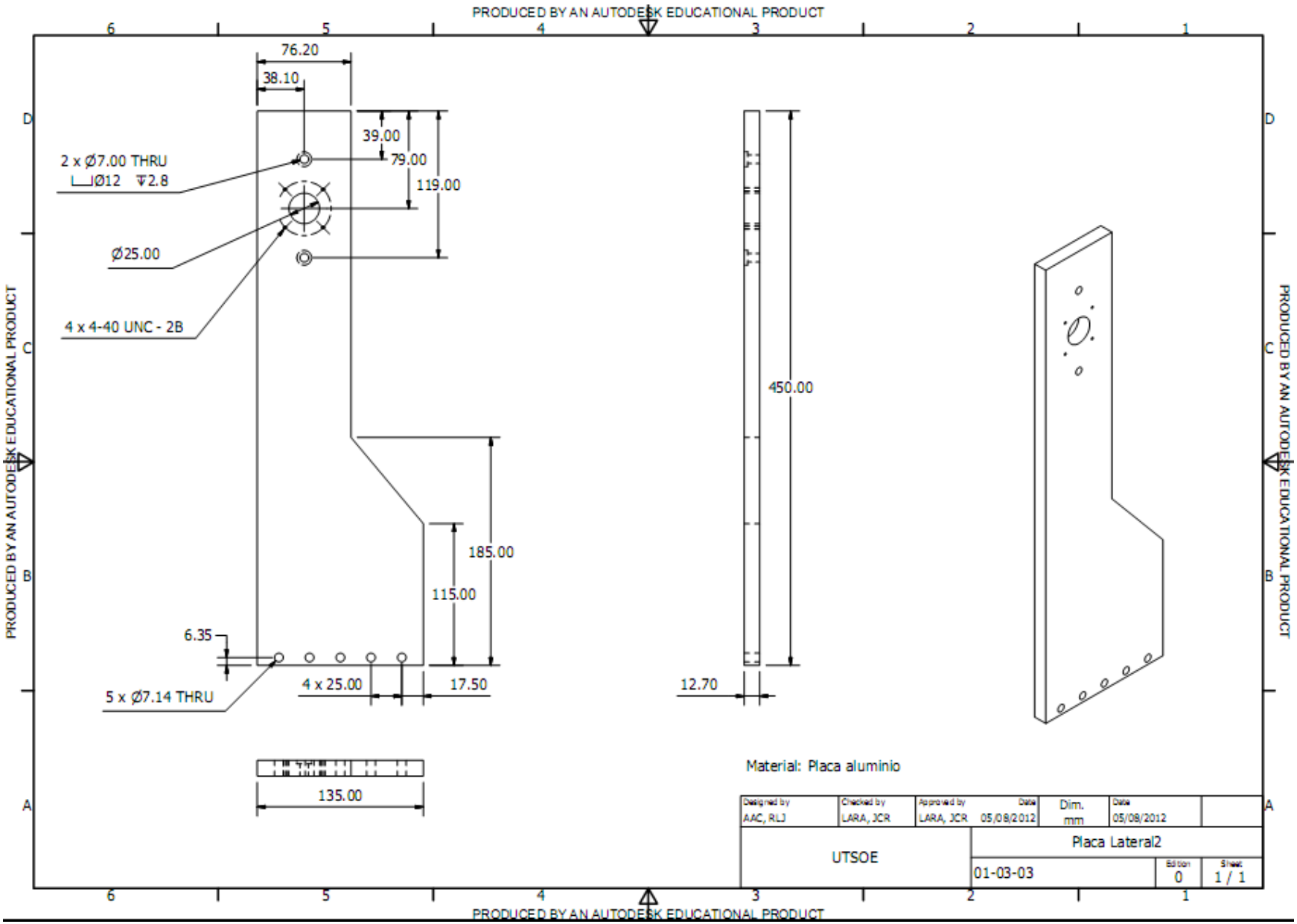
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim.	Date	Cant.
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012	mm	05/08/2012	2

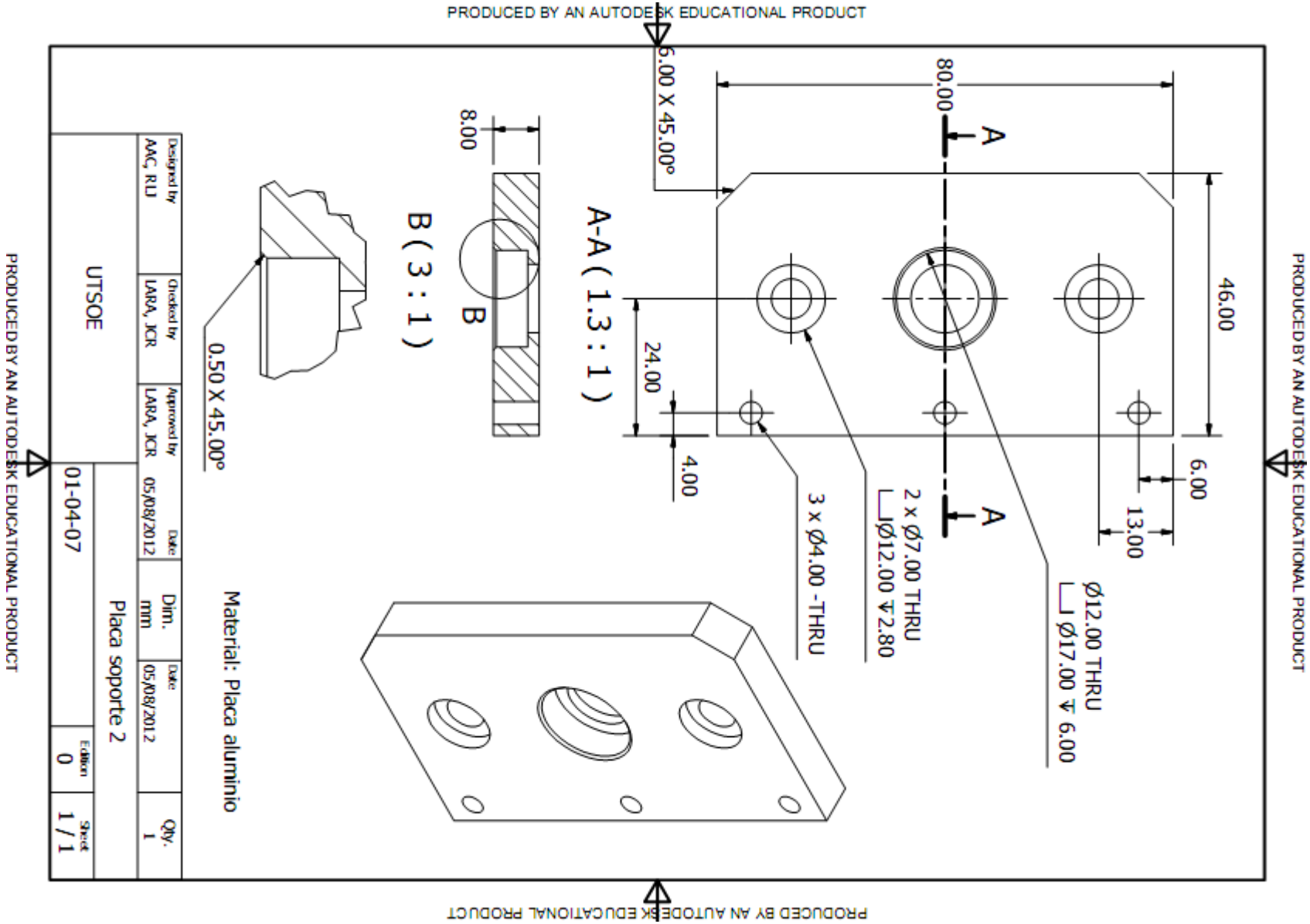
UTSOE	Flecha		
	01-03-04	Edition 0	Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

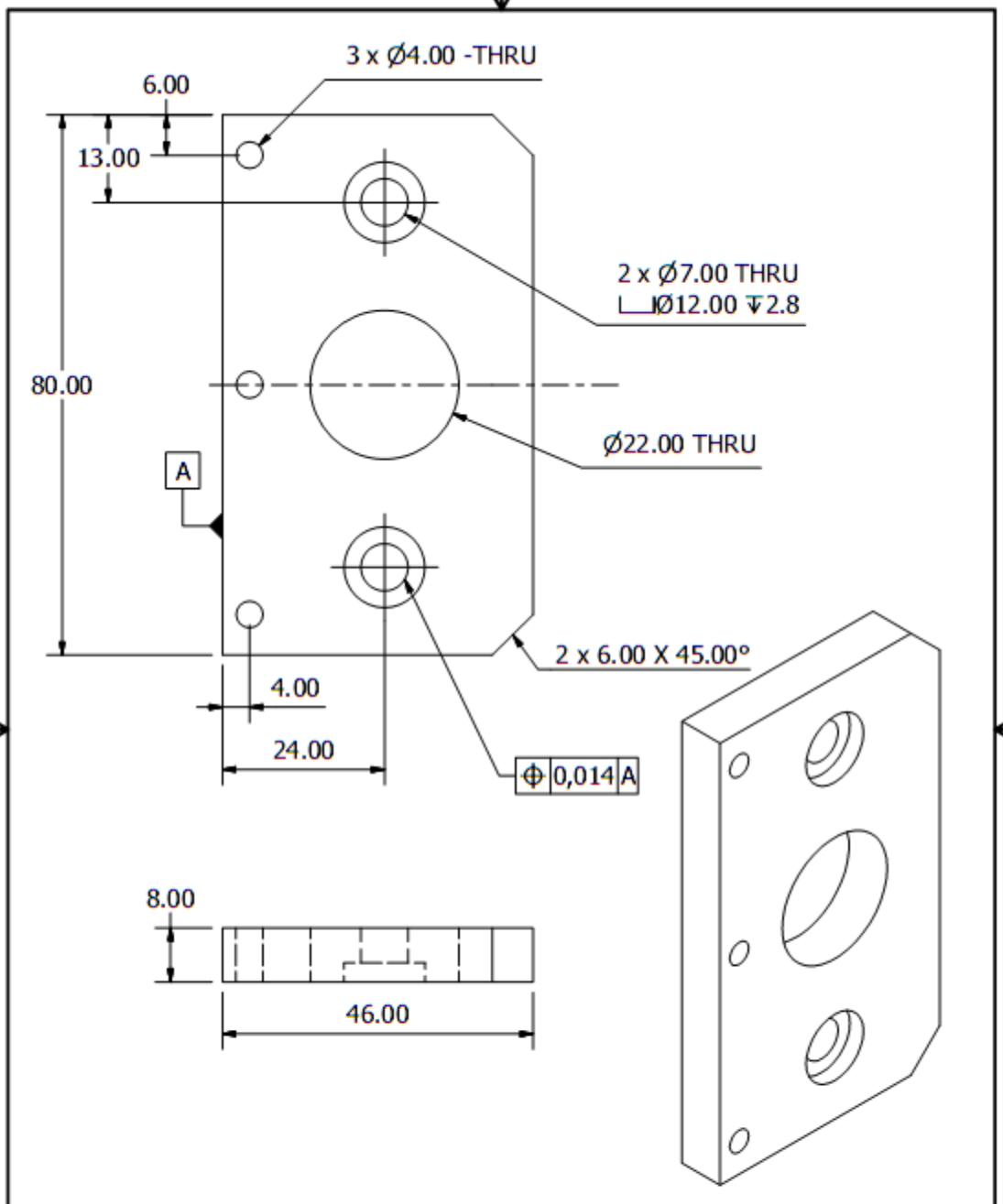

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
135.00
300.00
12.70
A
A (1.33 : 1)
10 x 1/4-20 UNC - 2B↧12.00
4 x 25.00
17.50
Material: Placa aluminio
Designed by AAC, RLJ
Checked by LARA, JCR
Approved by LARA, JCR
Date 05/08/2012
Dim. mm
Date 05/08/2012
UTSOE
Placa Inferior
01-03-01
Edition 0
Sheet 1 / 1


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
38.10
39.00
79.00
119.00
2 x Ø7.00
Ø12.00 ↧2.80
Ø12.00 THRU
Ø17.00 ↧6.00
Ø18.00
450.00
185.00
115.00
135.00
12.70
76.20
Material: Placa aluminio
Designed by AAC, RLJ
Checked by LARA, JCR
Approved by LARA, JCR
Date 05/08/2012
Dim. mm
Date 05/08/2012
UTSOE
Placa Lateral1
01-03-02
Edition 0
Sheet 1 / 1


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
76.20
38.10
39.00
79.00
119.00
2 x Ø7.00 THRU
⌴Ø12 ↧2.8
Ø25.00
4 x 4-40 UNC - 2B
185.00
115.00
6.35
5 x Ø7.14 THRU
4 x 25.00
17.50
135.00
450.00
12.70
Material: Placa aluminio
Designed by
AAC, RLJ
Checked by
LARA, JCR
Approved by
LARA, JCR
Date
05/08/2012
Dim.
mm
Date
05/08/2012
UTSOE
Placa Lateral2
01-03-03
Edition
0
Sheet
1 / 1


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
46.00
6.00
13.00
Ø12.00 THRU
⌴ Ø17.00 ↧ 6.00
80.00
A
A
2 x Ø7.00 THRU
⌴ Ø12.00 ↧ 2.80
3 x Ø4.00 -THRU
6.00 X 45.00°
A-A (1.3 : 1)
24.00
4.00
8.00
B
B (3 : 1)
0.50 X 45.00°
Material: Placa aluminio
Designed by
AAG, RLJ
Checked by
LARA, JCR
Approved by
LARA, JCR
Date
05/08/2012
Dim.
mm
Date
05/08/2012
Qty.
1
UTSOE
Placa soporte 2
01-04-07
Edition
0
Sheet
1 / 1
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

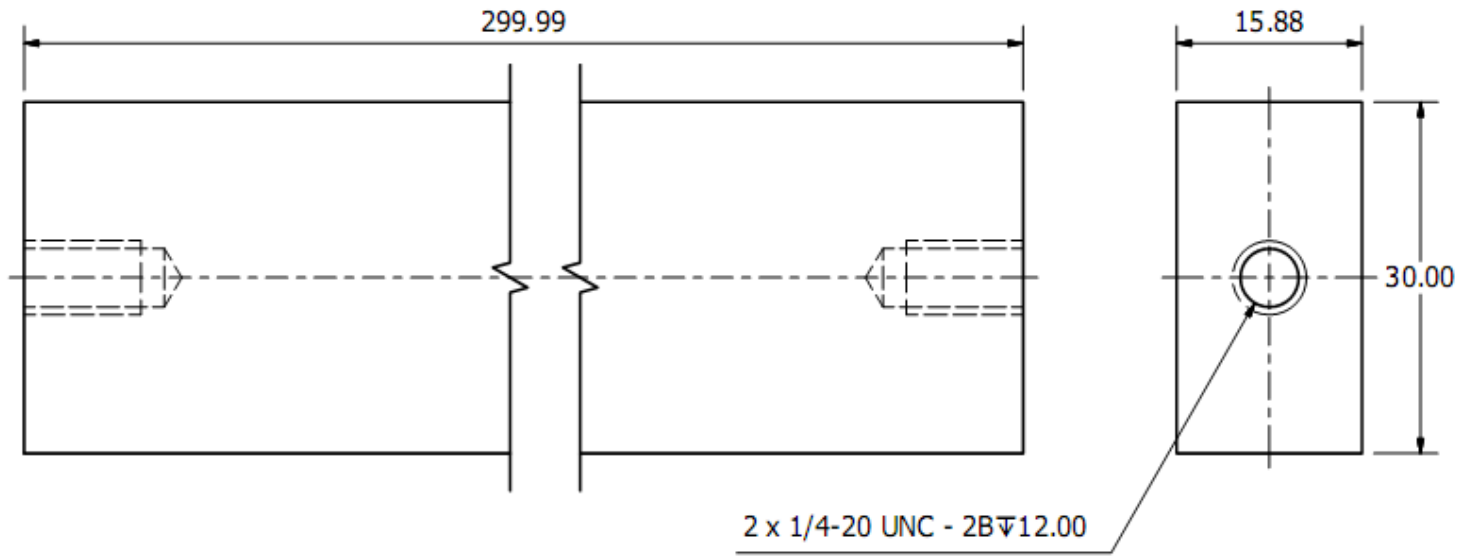


Material: Placa aluminio

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim.	Date	Qty.
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012	mm	05/08/2012	1
UTSOE		Placa soporte				
		01-04-02		Edition 0		Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

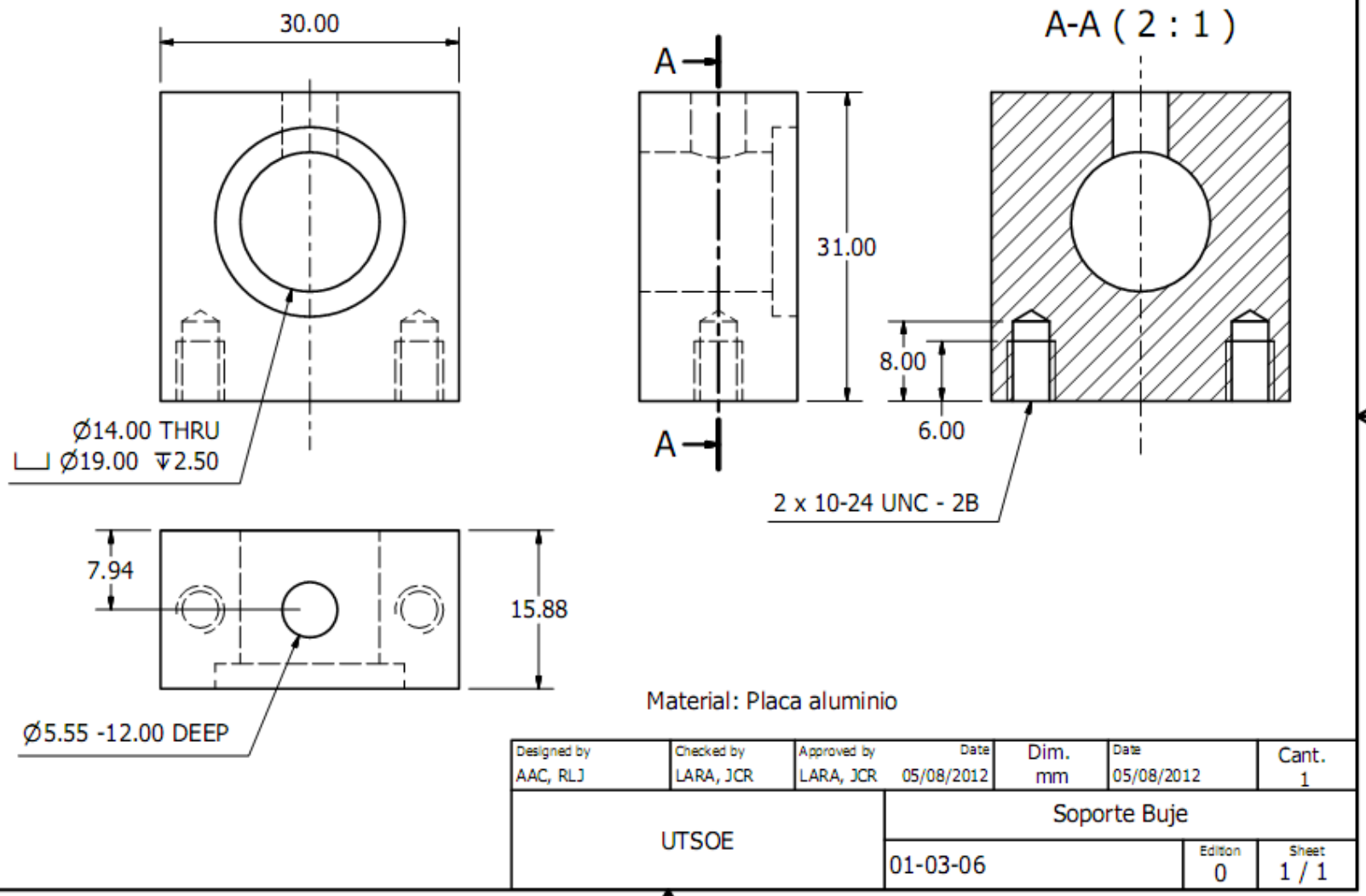


Material: Placa aluminio

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Dim.	Date	Cant.
AAC, RLJ	LARA, JCR	LARA, JCR	05/08/2012	mm	05/08/2012	1
UTSOE		Placa Superior				
		01-03-05		Edition 0		Sheet 1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Conclusiones.

El método de diseño para resolver problemas de ingeniería arrojó un diseño innovador, económico y creativo para un equipo SPD para deposito de películas delgadas en aplicaciones en celdas solares

El proceso de diseño y dibujo es fácil y relativamente corto, siendo muy práctico para obtener diseños mediante una metodología clara, aprovechando diferentes métodos creativos.

Se pueden generar planos y modelos sólidos de una forma rápida y con características de calidad óptima al hacer uso del AUTODESK INVENTOR 2012.

En los análisis de diferentes patente se encuentra que el equipo diseñado posee atributos y características que lohacen altamente eficiente, competitivo y económico, pues su costo es de $180, 000.00 pesos M.N.

La introducción del equipo Mini Router, hace que la re ingeniería arroje un equipo nuevo a partir de uno anterior.

También se encontró una buena experiencia al interactuar con equipos de trabajo, así como con los proveedores que aportan en conjunto ideas para el desarrollo del diseño.

Para trabajos futuros se proponen el detalle de la automatización del equipo SPD, así como la manufactura de éste, haciendo el depósito de la películas delgadas, caracterización de éstas, realizar microconexiones y prueba de corriente para así obtener el corazón de una celda solar de TiO_2 poroso.

En general se concluye que hace falta contar con los equipos especificados en el área de las energías renovables como es el caso de la Solar Fotovoltaica, para así proceder a diseñarlos, teniendo como resultado, un equipo innovador y que puede solucionar al corto y mediano plazo, las necesidades de la emergente industria de las energias renovables en México y el mundo.

Referencias Bibliograficas.

[1] Porous TiO_2thin films synthesized by a spray pyrolysis deposition (SPD) technique and their application to dye-sensitized solar cells,Masayuki Okuya*, Koji Nakade, Shoji Kaneko, EL SEVIER Received 14 September 2000; received in revised form 20 November 2000; accepted 28 November 2000.

[II] Studies on Characterization and Photocatalytic Activities of Visible Light Sensitive TiO_2 Nano Catalysts Co-doped with Magnesium Teshome Abdo Segne and Copper, Siva Rao Tirukkovalluri and Subrahmanyam Challapalli. International Research Journal of Pure & Applied Chemistry 1(3): 84-103, 2011

[III] DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO DE DOS GRADOS DE LIBERTAD PARA EL PROCESO DE SPRAY PYROLYSIS Y SÍNTESIS DE PELÍCULAS DELGADAS DE CuXO, TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE: MAESTRO EN TECNOLOGÍA AVANZADARANFERI DOMINGUEZ DOMINGUEZ. CICATA, IPN.2007

[IV] Manual de la materia de Proyecto del TSU en Mecánica,Zarate J, López J *. UTSOE 2007.*

[V] Sintesis y caracterización de películas delgadas luminiscentes de $ZnAlO_4$, por la técnica de Rocío Pirolitico Ultrasónico, Ruiz L, IIM – UNAM, 2005.