

DISEÑO DE ROBOT DE LIMPIEZA EXTERNA DE OLEODUCTOS

CESAR ALBERTO JHUNIOR ALVAREZ MUÑOZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BUCARAMANGA

2018

DISEÑO DE ROBOT DE LIMPIEZA EXTERNA DE OLEODUCTOS

CESAR ALBERTO JHUNIOR ALVARTEZ MUÑOZ

Tesis de grado para optar al título de Ingeniería Mecatrónica.

Director: M.Sc. Hernán González Acuña

Ingeniero Mecatrónico

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BUCARAMANGA

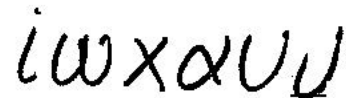
2018

Nota de aceptación



M.Sc. Hernán González Acuña

Director de Proyecto



M.Sc Johann Barragán Gómez

Evaluador del Proyecto

Bucaramanga, 14 de noviembre de 2018

AGRADECIMIENTOS

Al llegar a este punto de mi vida, tocando las puertas de mi ceremonia de grado, indudablemente todos mis agradecimientos y la honra son para Dios, protagonista principal y artífice de este logro, o podría llamarlo sueño que he alcanzado.

Agradecer a mi director de proyecto M.Sc. Hernán González Acuña por ser mi guía no solo en el desarrollo de mi tesis sino en gran parte de mi formación como ingeniero, por ser aquel profesor que puedes llamar amigo y que sus enseñanzas son la base para afrontar profesionalmente los desafíos que están fuera de la universidad.

A mi evaluador de proyecto M.S.c Johann Barragán Gómez por creer en mis habilidades y aconsejarme durante todo el tiempo que me llevo llegar a esta instancia en mi vida. Agradecer a la Ingeniera Nayibe Chio Cho quien para mi ocupó un lugar como docente, coordinadora, decana y rectora, ya que fue esa persona quien estaba incondicionalmente para colaborar en cada problema o situación en la que me veía envuelto.

Doy gracias a mi familia, a mis padres, Cesar y Marlene, por brindarme su amor, por educarme y ser la persona que soy el día de hoy, Laura, Valentina y Felipe mis hermanos y Mariana, mi sobrina, que han vivido conmigo el paso a paso para alcanzar este logro, a mis tías, tíos y abuelos quienes fueron un soporte fundamental en mi vida y en mis estudios apoyándome cuando más los necesitaba.

A todos ellos y a muchos más, mis más sinceras gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	11
1. OBJETIVOS.....	12
1.1 Objetivo General.....	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3. ANTECEDENTES.....	13
4. ESTADO DEL ARTE.....	15
4.1 Equipo fijo para la limpieza por chorreo seco.....	15
4.1.1 Máquinas de cabina.....	16
4.1.2 Máquinas de flujo continuo.....	16
4.1.3 Máquinas de chorreo con volteo.....	17
4.1.4 Limpieza por soplado abrasivo (Sand Blasting).....	19
5. MARCO TEÓRICO.....	20
5.1 Limpieza con abrasivo (chorro).....	20
5.2 Equipos de soplado abrasivo.....	22
5.2.1 De presión.....	22

5.2.2 De Succión.....	23
5.2.3 De Vacío.....	23
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	24
6.1 Diseño Mecánico.....	25
6.2 Planos SolidWorks.....	27
6.3 Ensamble.....	45
7. SIMULACIÓN DEL SISTEMA.....	49
7.1 Información del módulo.....	49
7.2 Propiedades del estudio.....	52
7.3 Unidades.....	53
7.4 Carga y sujeciones.....	54
7.5 Información del contacto.....	55
7,6 Información de malla.....	55
7.7 Información de la malla – detalles.....	56
7.8 Fuerzas resultantes.....	57
7.9 Momentos de reacción.....	57
7.10 Resultado de estudio.....	58
7.11 Desplazamientos.....	59
7.12 Deformaciones.....	60
8. CONCLUSIONES.....	61
9. BIBLIOGRAFIA.....	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Traje de protección.....	14
Figura 2. Traje de protección en uso.....	15
Figura 3. Máquina de cabina.....	16
Figura 4. Máquina de flujo continuo.....	17
Figura 5. Máquina de chorro con volteo.....	18
Figura 6. Vista frontal y posterior de equipo de Sand Blasting.....	19
Figura 7. Abrasivo en chorro.....	21
Figura 8. Sistema de presión.....	22
Figura 9. Sistema de succión.....	23
Figura 10. Diagrama de flujo.....	24
Figura 11. Robot Biselador Automático.....	26
Figura 12. Fragmento malla 1.....	27
Figura 13. Plano fragmento malla 1.....	27
Figura 14. Fragmento malla 2.....	28
Figura 15. Plano fragmento malla 2.....	28
Figura 16. Motor DC.....	29
Figura 17. Plano motor DC.....	29
Figura 18. Servomotor.....	30
Figura 19 Plano servomotor.....	30
Figura 20. Soporte motor.....	31
Figura 21. Plano soporte motor.....	31

Figura 22. Eje de rueda.....	32
Figura 23. Plano eje de rueda.....	32
Figura 24. Eje sencillo.....	33
Figura 25. Plano eje sencillo.....	33
Figura 26. Eje soporte malla.....	34
Figura 27. Plano eje soporte malla.....	34
Figura 28. Malla 2.....	35
Figura 29. Plano malla 2.....	35
Figura 30. Llanta.....	36
Figura 31. Plano llanta.....	36
Figura 32. Soporte.....	37
Figura 33. Plano soporte.....	37
Figura 34. Seguro.....	38
Figura 35. Plano seguro.....	38
Figura 36. Soporte llanta.....	39
Figura 37. Plano soporte llanta.....	39
Figura 38. Soporte malla macho.....	40
Figura 39. Plano soporte malla macho.....	40
Figura 40. Soporte malla hembra.....	41
Figura 41. Plano soporte malla hembra.....	41
Figura 42. Tornillo.....	42
Figura 43. Plano tornillo.....	42
Figura 44. Eje malla.....	43

Figura 45. Plano eje malla.....43

Figura 46. Tuerca.....44

Figura 47. Plano tuerca.....44

Figura 48. Ensamble 1.....45

Figura 49. Ensamble 2.....46

Figura 50. Ensamble con tubería 1.....47

Figura 51. Ensamble con tubería 2.....48

Figura 52. Ensamble 3D.....49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Medidas de tuberías.....	22
Tabla 2. Información del modelo.....	49
Tabla 3. Propiedad del estudio.....	52
Tabla 4. Unidades.....	53
Tabla 5. Sujeción.....	54
Tabla 6. Cargas.....	54
Tabla 7. Información del contacto.....	55
Tabla 8. Información de malla.....	55
Tabla 9. Información de malla – detalle.....	56
Tabla 10. Fuerzas resultantes.....	57
Tabla 11. Momentos de reacción.....	57
Tabla 12. Análisis tensiones.....	58
Tabla 13. Análisis desplazamientos.....	59
Tabla 14. Análisis deformaciones.....	60

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe la necesidad de las empresas de hacer procesos más seguros para proteger a los trabajadores de los riesgos en su salud presentes en el ambiente laboral donde se desempeñan y así prevenir enfermedades profesionales. En el área de limpieza de tubos una enfermedad común es la Silicosis, que es ocasionada por depósitos de polvo en los pulmones con una reacción patológica frente al mismo, especialmente de tipo fibroso. Encabeza las listas de enfermedades respiratorias de origen laboral de países en desarrollo, donde se siguen observando formas graves. Estos empleados deben usar equipos de protección, pero algunos de ellos no los consideran importantes y prefieren no usarlos.

Debido a esto, algunas empresas prefieren implementar otro tipo de sistemas que elimine totalmente la posibilidad de exposición de los trabajadores a esta enfermedad. Como solución surgió el proyecto de diseñar un prototipo controlado a distancia capaz de hacer limpieza abrasiva sobre la superficie ajustándose a diferentes diámetros de tuberías.

Se tomó como guía o punto de referencia un diseño de un robot biselador automático encontrado en internet el cual se asemejaba a la idea de cómo podría ser o tener forma el robot al trabajar con tuberías.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

- Diseñar un robot para la limpieza externa de oleoductos.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diseño en CAD del robot.
- Realizar la simulación del prototipo.
- Especificaciones del robot diseñado.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Actualmente existe la necesidad de las empresas de hacer procesos más seguros para proteger a los trabajadores de los riesgos en su salud presentes en el ambiente laboral donde se desempeñan y así prevenir enfermedades profesionales. En el área de limpieza de tubos una enfermedad común es la Silicosis, que es una enfermedad ocasionada por depósitos de polvo en los pulmones con una reacción patológica frente al mismo, especialmente de tipo fibroso. Encabeza las listas de enfermedades respiratorias de origen laboral de países en desarrollo, donde se siguen observando formas graves. Estos empleados deben usar equipos de protección, pero algunos de ellos no los consideran importantes y prefieren no usarlos.

Debido a esto, algunas empresas prefieren implementar otro tipo de sistemas que elimine totalmente la posibilidad de exposición de los trabajadores a esta enfermedad. Como solución surgió el proyecto de diseñar un prototipo manipulado a distancia capaz de hacer limpieza abrasiva sobre la superficie ajustándose a diferentes diámetros de tuberías.

3. ANTECEDENTES

Este proyecto surge en respuesta a la problemática de salud por la cual pasan los empleados en cuyos trabajos tienen contacto o son expuestos a sustancias, partículas en el aire, que a mediano plazo causan problemas fibrosico-pulmonares de carácter irreversible como la Sicolisis.

La forma como se ha venido trabajando la limpieza externa de oleoductos cuenta con algunos cuidados para proteger el ambiente y el personal que realiza la tarea. En la actualidad, esta tarea se realiza al aire libre de la mano con una pistola de soplado abrasivo a presión donde el operario

simplemente dispara sobre la superficie a trabajar removiendo muy eficazmente partículas e imperfecciones alojadas en la superficie, así como previniendo futuras oxidaciones sobre el meta. Está estipulado que los operarios deben utilizar los medios de protección para realizar este trabajo, pero esto poco se lleva a cabo ya que la falta de capacitación o simplemente el desinterés de los mismos por utilizar estos medios son algunos de los factores de una gran lista por la cual queda en evidencia que este sistema de limpieza no es la adecuada.



Figura 1. Traje de protección.

El contexto de este proyecto está encaminado en diseñar la estructura de un robot el cual se acople directamente a la tubería, en un rango de circunferencia, que tenga incorporadas las herramientas necesarias para realizar la limpieza de manera remota asegurando la integridad del operador.

4. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad este tipo de trabajo se viene dando con mano de obra humana, no hay antecedentes de la intervención de un componente robótico, pero sí de algunas otras alternativas que minimizarían la exposición de esta actividad con el operario.



Figura 2. Traje de protección en uso.

Prácticamente todos los metales pueden ser limpiados al menos con uno de los procesos de chorreo abrasivo disponibles, pero el medio abrasivo tiene que ser seleccionado cuidadosamente para los metales blandos y frágiles y sus aleaciones, como el aluminio, el magnesio, el cobre, el cinc y el berilio.

4.1 Equipo fijo para la limpieza por chorreo seco.

La limpieza por chorreo seco es probablemente el método más eficiente y eficaz desde el punto de vista medioambiental para la limpieza y el acabado abrasivos – una ventilación apropiada ayuda a mantener el área de trabajo limpia, mientras que los extractores de polvo facilitan de forma sencilla su eliminación. Para garantizar una ventilación adecuada de las cabinas de chorreo suelen utilizarse

colectores de polvo con filtro de tela con un conducto adecuadamente diseñado. Los filtros de tela suelen estar equipados con extractores en el lado del aire limpio del colector.

Existen diferentes tipos de equipos para la limpieza por chorreo seco, basándose ante todo su selección en el tipo de piezas a limpiar y en el flujo relativo requerido:

- 4.1.1 **Máquinas de cabina:** La cabina aloja el mecanismo de propulsión del abrasivo, mantiene la pieza en posición y confina el material abrasivo y el polvo. Las máquinas de cabina pueden ser diseñadas para operaciones manuales, semiautomáticas o totalmente automatizadas para trabajar sobre una pieza única, sobre un lote o en un proceso de chorreo de flujo continuo.



Figura 3. Máquina de cabina

- 4.1.2 **Máquinas de flujo continuo:** equipadas con dispositivos para un soporte y transporte apropiados, las máquinas de flujo continuo son utilizadas para la limpieza por chorreo continuo de flejes, bobinas o cables de acero.



Figura 4. Máquina de flujo continuo.

Estas máquinas son también utilizadas para limpiar piezas de fundición y forjado en grandes series. Las máquinas de flujo continuo incorporan dispositivos de reciclaje de abrasivos y un sistema completo de extracción para la eliminación de polvo y partículas pequeñas.

4.1.3 Máquinas de chorreo con volteo: consisten en una cinta transportadora continua, uno o varios dispositivos propulsores de chorreo y un sistema de reciclaje de los abrasivos. Estas máquinas voltean la pieza a la vez que realizan el chorreo sobre la misma. Con el movimiento de la cinta transportadora, la pieza se voltea lentamente, exponiendo todas sus superficies al chorreo abrasivo. Esta máquina no se utiliza para limpiar piezas tras el mecanizado, ya que su movimiento deteriora las superficies mecanizadas.

Equipo portátil para la limpieza por chorreo seco. Cuando las piezas a limpiar son demasiado grandes para ser colocadas en las máquinas de chorreo, se pueden utilizar equipos portátiles, como equipos de chorreo por aire. Normalmente se utiliza una

arena de bajo coste, ya que en un equipo portátil es difícil recuperar o recircular el abrasivo.

Los equipos de reciclado portátiles constituyen un nuevo desarrollo en el chorreo por presión de aire. Estos equipos utilizan una manguera con un medio a presión, contenida en otra más amplia, de evacuación. Después del impacto, el medio es recogido a través de la manguera externa hacia la unidad central para su recuperación y reciclaje. Con este equipo se pueden realizar importantes trabajos de exterior con medios especializados y sin problemas ambientales.



Figura 5. Máquina de chorro con volteo.

El chorreo con microabrasivos es otro método portátil de chorreo por aire. Tanto el tamaño de las partículas abrasivas (entre 10 y 100 μm) como el de las aperturas de las boquillas (entre 0,4 y 1,2 mm de diámetro) es muy reducido. El chorreo con microabrasivos suele ser una operación de mano para la eliminación de precisión de rebabas, la limpieza o la

preparación de superficies. La sequedad y la uniformidad de las partículas resultan críticas y los abrasivos no pueden ser reutilizados.

4.1.4 **Limpieza por soplado abrasivo (Sand Blasting):** El denominado soplado abrasivo, o chorreado abrasivo, es el método aplicado en la limpieza o preparación de superficie en tanques de grandes superficies, rápido y comprobado. Una apropiada preparación de superficie por este método suministra un fundamento para el sistema de pintura, resultando en una superficie limpia, con rugosidad uniforme, y una larga vida económica del recubrimiento. Este método se aplica en partes o soldaduras que no son uniformes en tamaño o forma.



Figura 6. Vista frontal y posterior de equipo de Sand Blasting

5. MARCO TEORICO

5.1 Limpieza con abrasivos (chorreo)

La limpieza abrasiva utiliza pequeñas partículas propulsadas por una corriente de aire o un chorro de agua para incidir en la superficie, eliminando contaminantes a través de la fuerza de su impacto. Existe una amplia variedad de medios abrasivos de diferentes tamaños para cubrir necesidades específicas. La limpieza abrasiva suele ser elegida para eliminar calaminas resistentes y pinturas, especialmente en superficies amplias pero de difícil acceso con otros métodos. La limpieza abrasiva es también con frecuencia el único método de limpieza posible para aceros sensibles al debilitamiento por hidrógeno. Este método de limpieza se utiliza asimismo en la preparación de metales como el acero inoxidable y el titanio, para que la pintura produzca una adherencia mecánica en sustitución de recubrimientos de conversión que no puedan ser aplicados fácilmente sobre esos metales.

Tanto el chorreo por presión como los sistemas de succión con boquilla requieren una potencia importante para generar el aire comprimido o vapor a presión que se utiliza para acelerar y propulsar el abrasivo. Los sistemas de chorreo a presión con boquilla suelen utilizar un suministro de aire de 685 kPa (100 psig) para propulsar el abrasivo a través de una tobera especial. Las toberas o boquillas de chorreo por aire tienen formas diversas. La mayoría de los sistemas disponen de toberas intercambiables, hechas de aleaciones, o boquillas con partes cerámicas resistentes al desgaste. Todos los tipos de abrasivos pueden ser manipulados con sistemas de chorreo a presión en diversos contextos.

Generalmente considerado el tipo más sencillo de equipo de chorreo abrasivo, las cabinas de chorreo por succión pueden ser utilizadas de manera manual o disponer de toberas fijas u oscilantes.

La boquilla de la cabina de succión es una tobera de inducción que crea una mezcla de chorreo a través del efecto sifón del aire liberado a través del cuerpo de la boquilla. Las ruedas de propulsión de abrasivos sin aire que utilizan aspas requieren en torno al 10% de la potencia requerida por los sistemas de chorreo por aire para lanzar volúmenes equivalentes de abrasivos a las mismas velocidades. La vida de las partes expuestas de las ruedas de chorreo (propulsor, caja de control, aspas, recubrimientos de la carcasa) depende en primer lugar del tipo y condición del abrasivo utilizado y de los contaminantes que son objeto del proceso de limpieza. La granalla de acero limpia ofrece la mayor vida útil de la rueda y de los recubrimientos de la carcasa. Un desgaste mucho mayor es resultado de la utilización de abrasivos no metálicos como la arena, el óxido de aluminio y el carburo de silicio. Las microesferas de cristal y la granalla no ferrosa ocasionan un desgaste relativamente reducido.

Las máquinas de chorreo tipo rueda centrífuga pueden ser relativamente sencillas, con una sola rueda de chorreo, una cinta transportadora más sencilla, un sistema de reciclaje del abrasivo y un dispositivo de recogida del polvo.



Figura 7. Abrasivo en chorro.

5.2 EQUIPOS DE SOPLADO ABRASIVO

Existen 3 tipos de equipos:

5.2.1 De presión

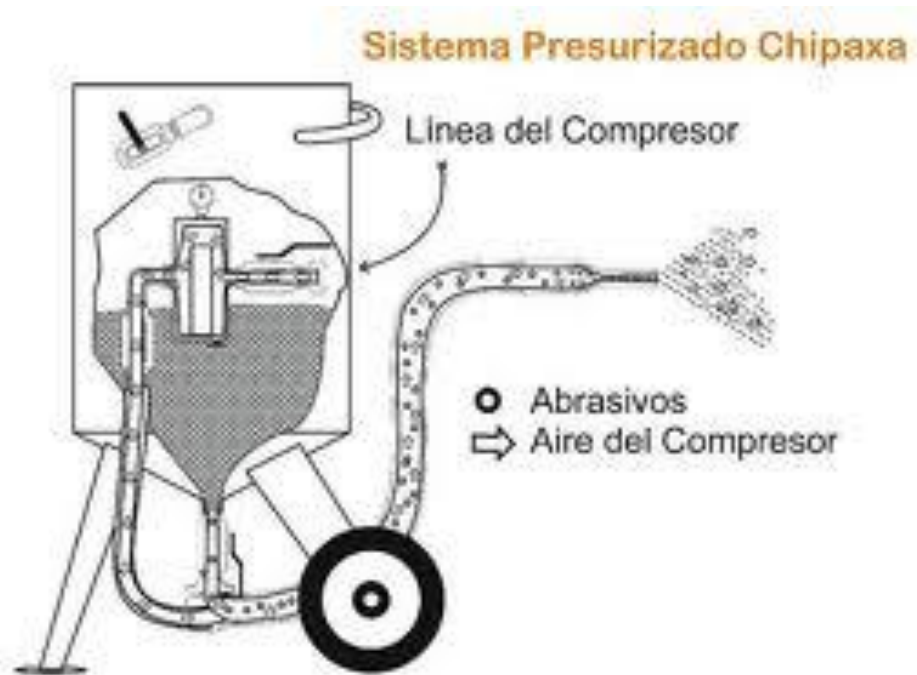


Figura 8. Sistema de presión.

En este tipo de equipo la máquina está a la misma presión que todo el sistema, esto es: el compresor, las líneas de aire, la boquilla, la máquina y las mangueras. Es el sistema más productivo en lo que se refiere a limpieza.

Su eficiencia depende ampliamente de la presión en la boquilla, la cual está dentro de un rango entre los 90 y 100 psi. La presión de la máquina, o "tanque" varía con el tamaño, pero deberá estar siempre bajo presión para el soplado de los abrasivos. La velocidad del abrasivo en estos equipos es mayor que el obtenido en los equipos de succión.

5.2.2 De succión



Figura 9. Sistema de succión.

En ese equipo se usa el método de chorro de succión para obtener abrasivo desde un tanque que no está bajo presión. El chorro de aire "sopla" el abrasivo contra la superficie después de haberlo "chupado" del envase. La velocidad de limpieza es aproximadamente 1/3 más lento que el que se tiene con el equipo de presión con similares tamaños de chorros de aire.

5.2.3 De vacío

En este equipo, el aire y el abrasivo son capturados en una "capucha" de goma provista. Estos son llevados por succión de vuelta a la unidad de limpieza donde el abrasivo re-usable es separado de los contaminantes de la superficie limpiada, y reutilizada.

Este es considerado un método de limpieza de soplado abrasivo "libre de polvo" pues limita las partículas suspendidas en el aire y el polvo. Este no perturbará la maquinaria adyacente

ni a los trabajadores. La velocidad de limpieza es limitada pues la superficie no es visible para el operador.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico utilizado en el robot limpiador implementa un diseño secuencial donde cada campo tiene retroalimentación debido a que una etapa puede verse modificada en si misma hasta encontrar la solución adecuada, y así pasar al siguiente campo. Existe una interrelación entre ellas, un error en alguna etapa puede proporcionar una solución errónea.

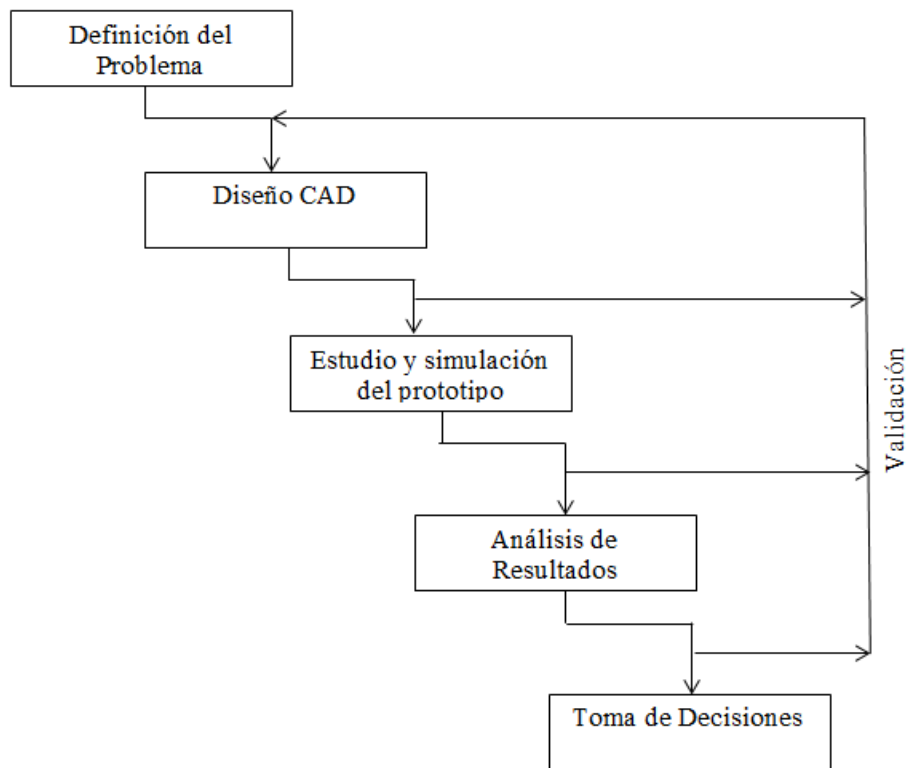


Figura 10. Diagrama de flujo.

6.1 Diseño Mecánico

El primer paso en el proceso es el diseño mecánico. El objetivo de este paso es definir todas las características del robot escalador. Para la realización del diseño preliminar se tuvo en cuenta varios aspectos como, para que tamaño de tubería es el más óptimo de trabajar?, como se sujetara el robot a la tubería?, cual es seria el mejor diseño para cubrir más espacios con el chorro abrasivo?, que tan portátil puede ser el robot?, como sería el posible desplazamiento del robot sobre la tubería?, que actuadores y en q posición deberían estar ubicados capaces de generarme el correcto movimiento?, todas estas contemplaciones y muchas otras surgieron y tuvieron respuesta mediante se fue creando el diseño.

Para efecto de comodidad de trabajo de escogió un diámetro de tubería de 13 centímetros el cual se encuentra en términos de estándar en un valor de 4 o 5 pulgadas en el mercado.

Diámetro Nominal (DN)		Diámetro exterior (OD)		TOM® PVC-O 500							
				PN12.5		PN16		PN20		PN25	
		min.	max.	Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)	Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)	Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)	Diámetro Interior (ID)	Espesor (e)
mm	inch	mm	mm	medio	min.	medio	min.	medio	min.	medio	min.
90	3.5"	90.0	90.3	-	-	84.0	2.0	84.0	2.5	82.2	3.1
110	4"	110.0	110.4	104.4	2.4	104.0	2.4	103.2	3.1	101.4	3.8
140	5"	140.0	140.5	133.0	3.0	132.4	3.1	131.2	3.9	129.2	4.8
160	6"	160.0	160.5	152.0	3.5	151.4	3.5	150.0	4.4	147.6	5.5
200	8"	200.0	200.6	190.0	4.3	189.2	4.4	187.4	5.5	184.4	6.9
225	9"	225.0	225.7	213.6	4.9	212.8	5.0	210.8	6.2	207.4	7.7
250	10"	250.0	250.8	237.4	5.4	236.4	5.5	234.2	6.9	230.6	8.6
315	12"	315.0	316.0	299.2	6.8	298.0	6.9	295.2	8.7	290.6	10.8
400	16"	400.0	401.2	379.8	8.7	378.4	8.8	374.8	11.0	369.0	13.7
500	18"	500.0	501.5	474.6	10.9	472.8	11.0	468.6	13.7	461.2	17.1
630	24"	630.0	631.9	597.8	13.8	595.8	13.8	590.4	17.3	581.0	21.6

Tabla 1. Medidas de tuberías.

Al partir el diseño se tomó como guía o punto de referencia un diseño de un robot biselador automático el cual se asemejaba a la idea de cómo podría ser o tener forma el robot al trabajar con tuberías.



Figura 11. Robot Biselador Automático.

6.2 Planos SolidWorks

✓ Fragmento Malla

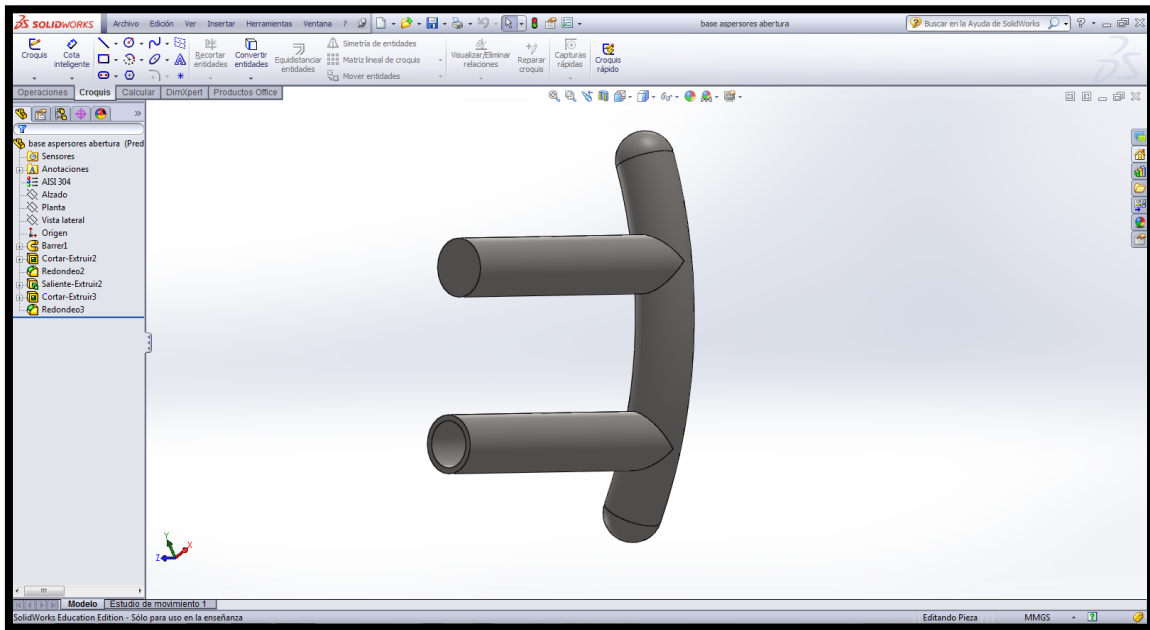


Figura 12. Fragmento malla1.

✓ Plano Malla 1

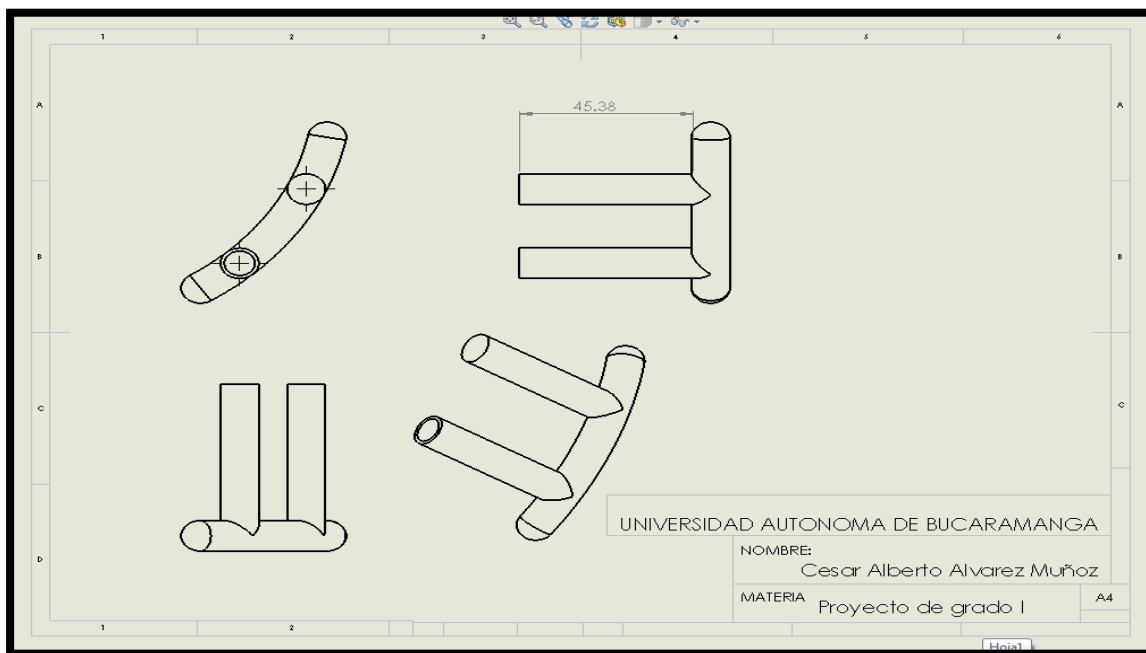


Figura 13. Plano malla 1.

✓ **Pieza Malla 2**

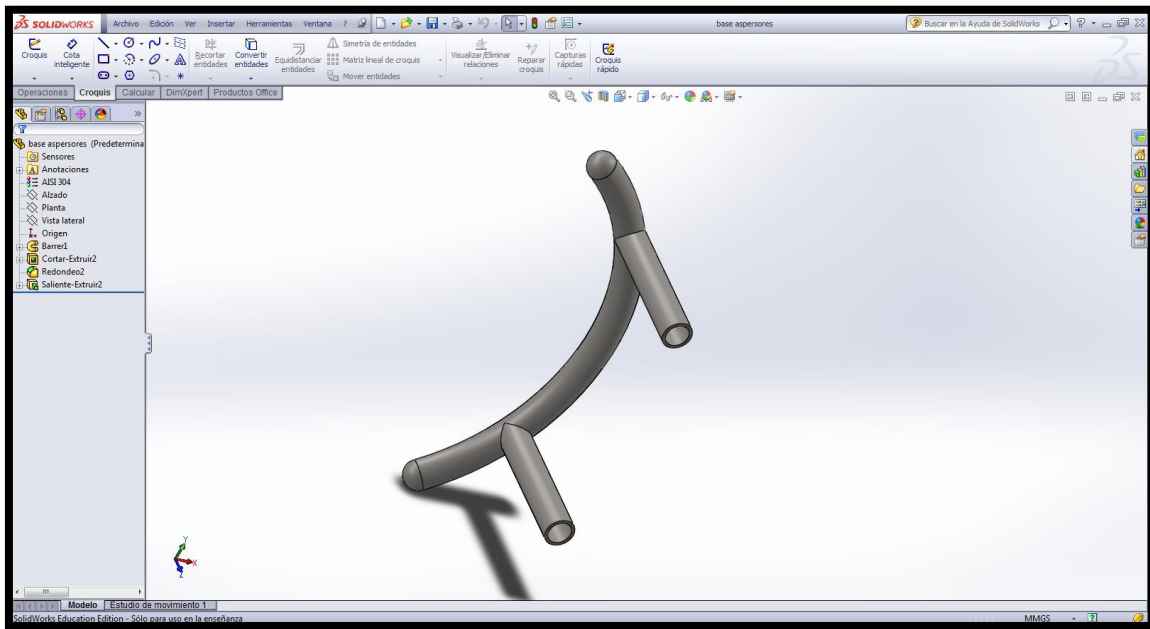


Figura 14. Fragmento malla 2.

✓ **Plano Fragmento Malla 2**

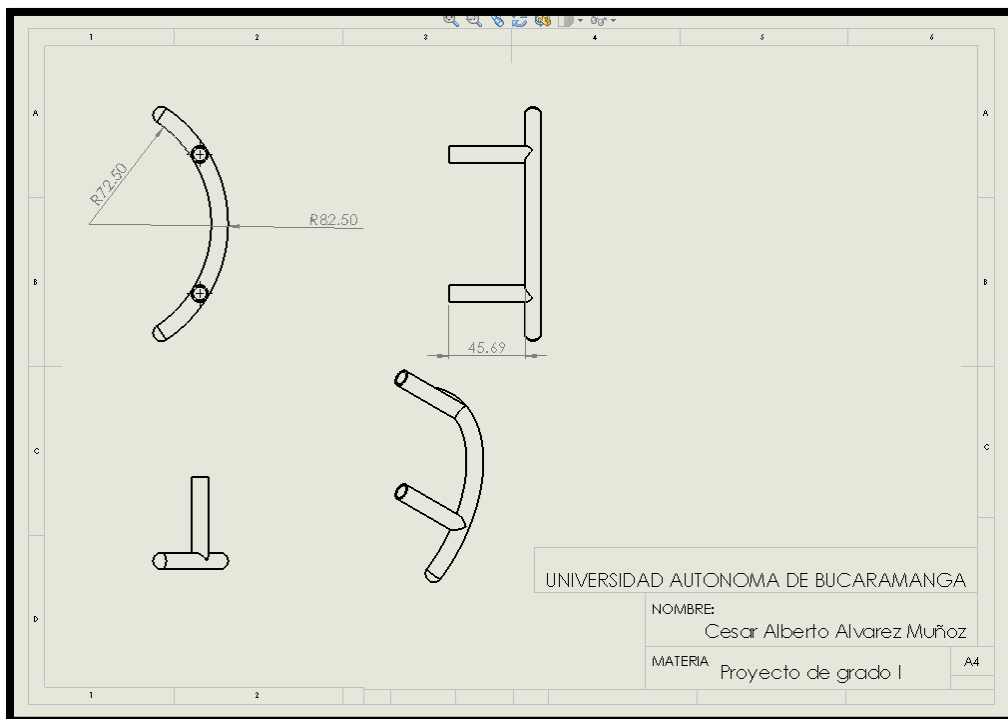


Figura 15. Plano fragmento malla 2.

✓ **Motor DC**

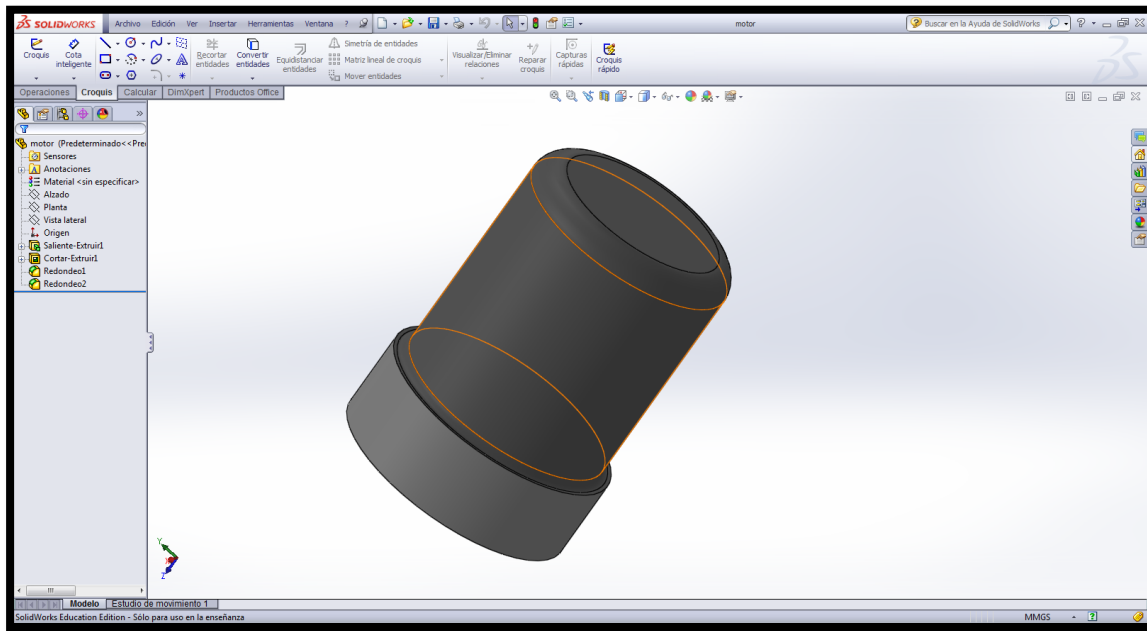


Figura 16. Motor DC.

✓ **Plano Motor DC**

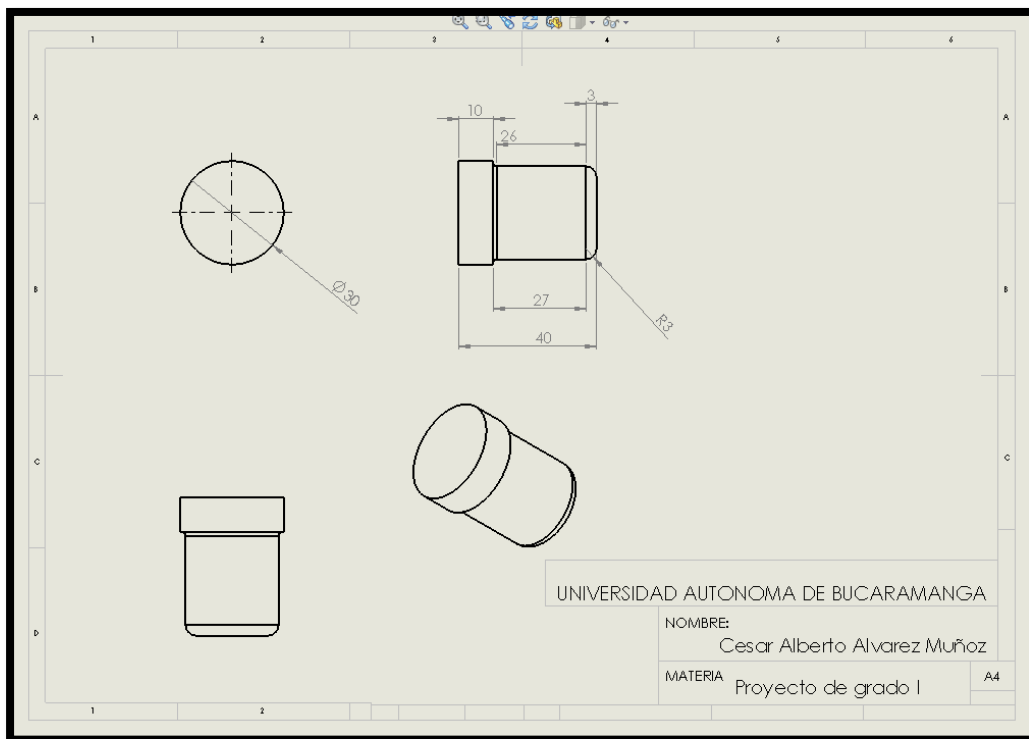


Figura 17. Plano motor DC.

✓ Servomotor

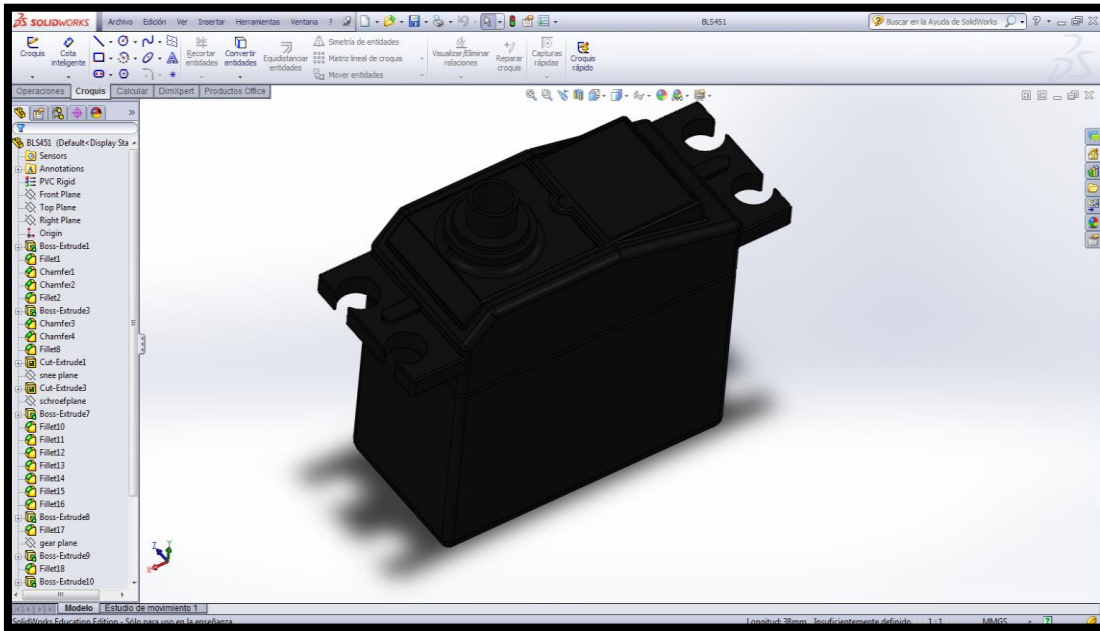


Figura 18. Servomotor.

• Plano Servomotor

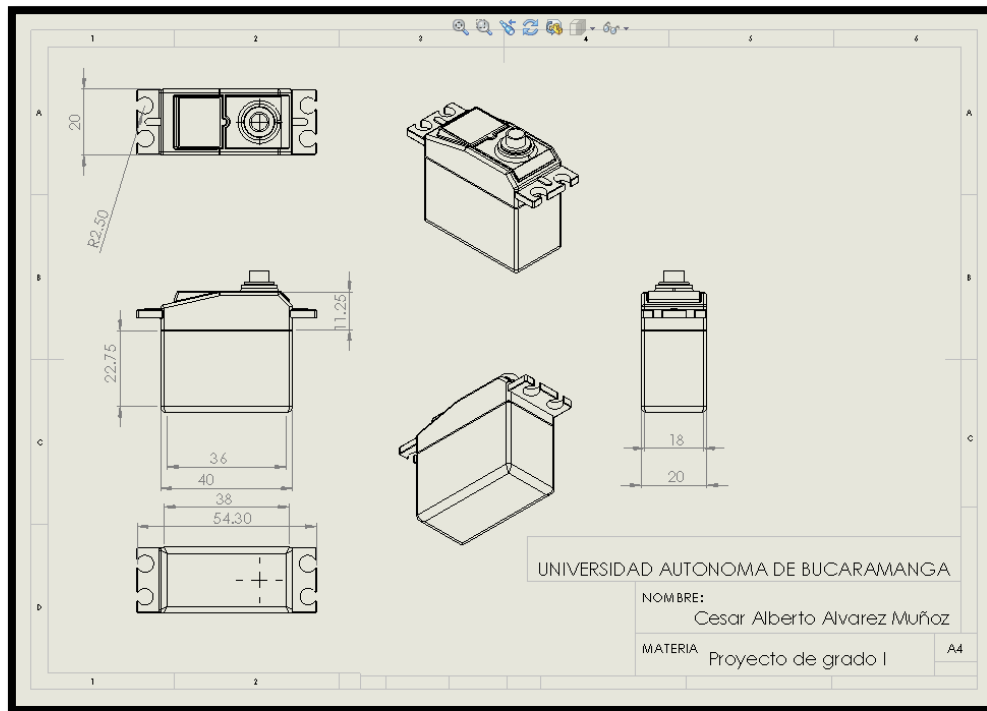


Figura 19. Plano servomotor.

✓ Soporte Motor

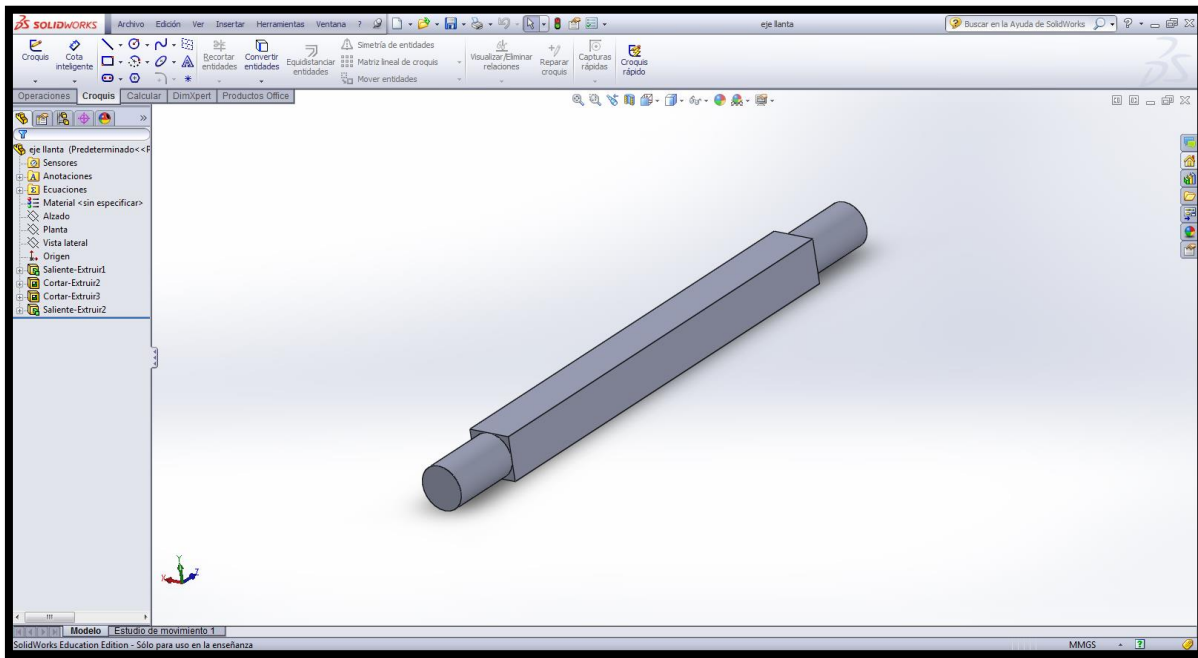


Figura 20. Soporte motor.

✓ .Plano Soporte Motor

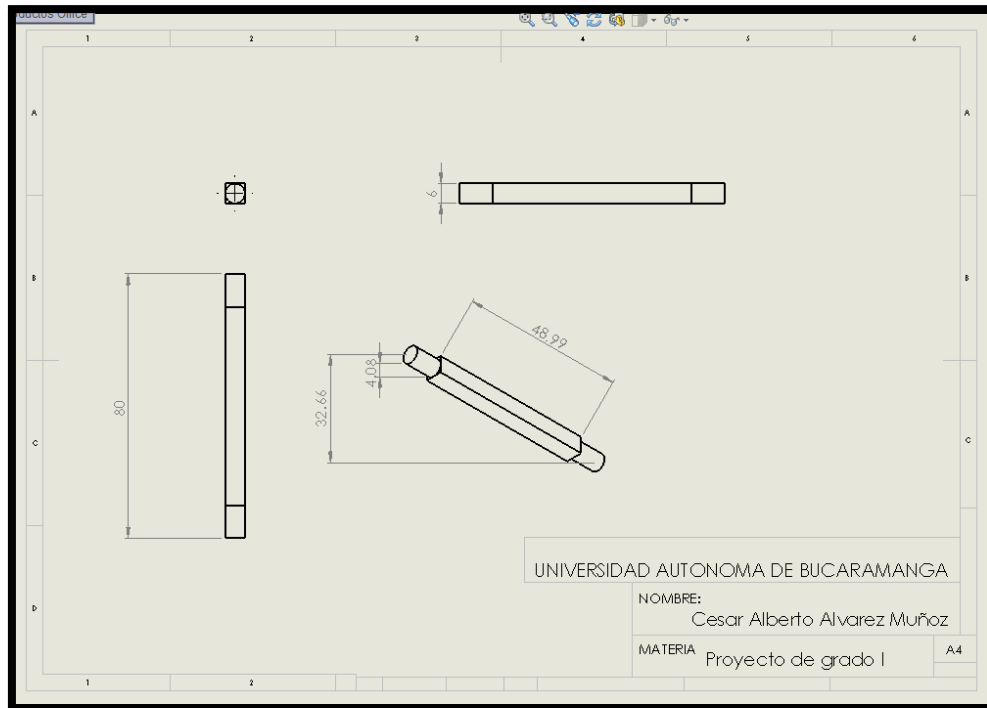


Figura 21. Plano soporte motor.

✓ Eje Rueda

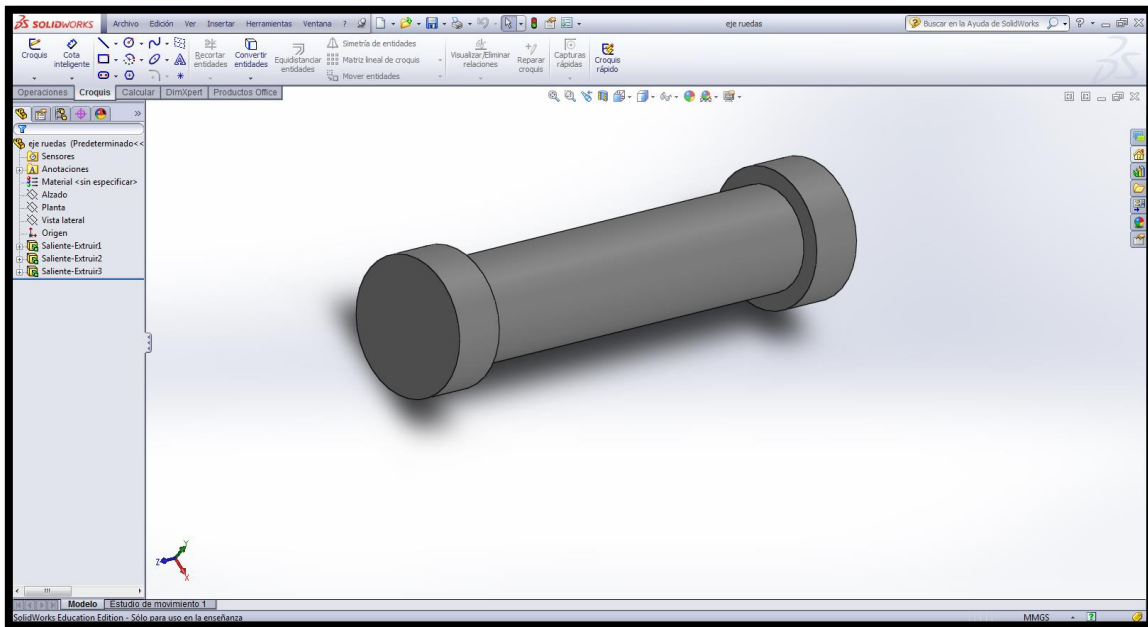


Figura 22. Eje de rueda.

✓ Plano Eje Rueda

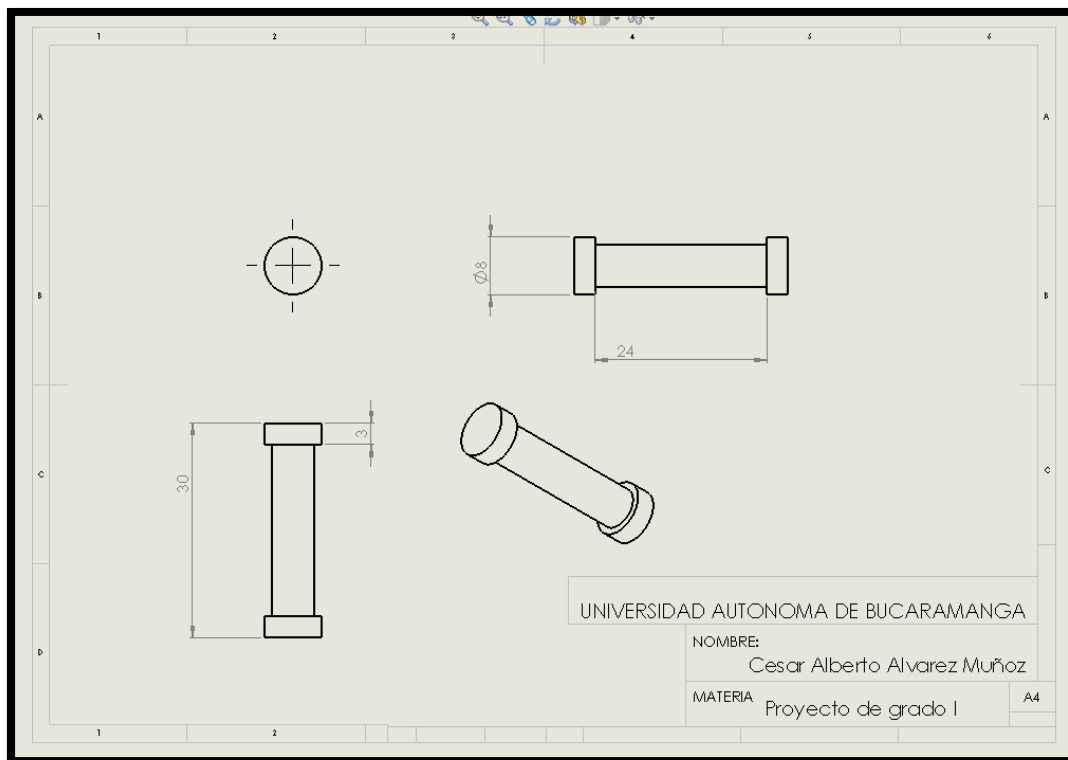


Figura 23. Plano eje rueda.

✓ Eje Sencillo

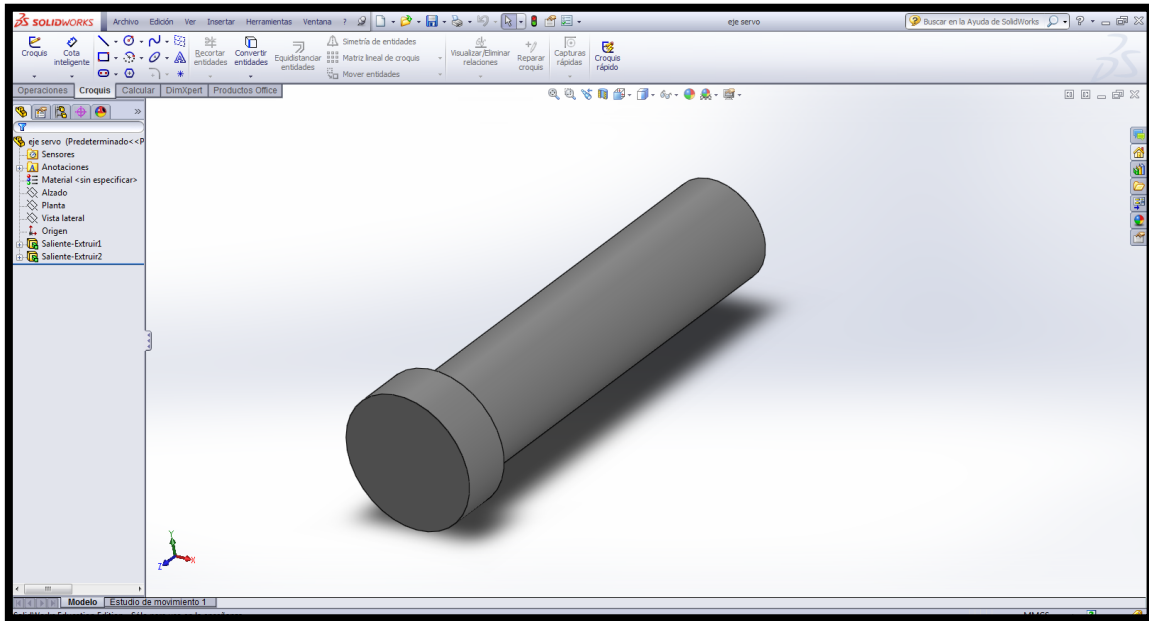


Figura 24. Eje sencillo.

✓ Plano Eje Sencillo

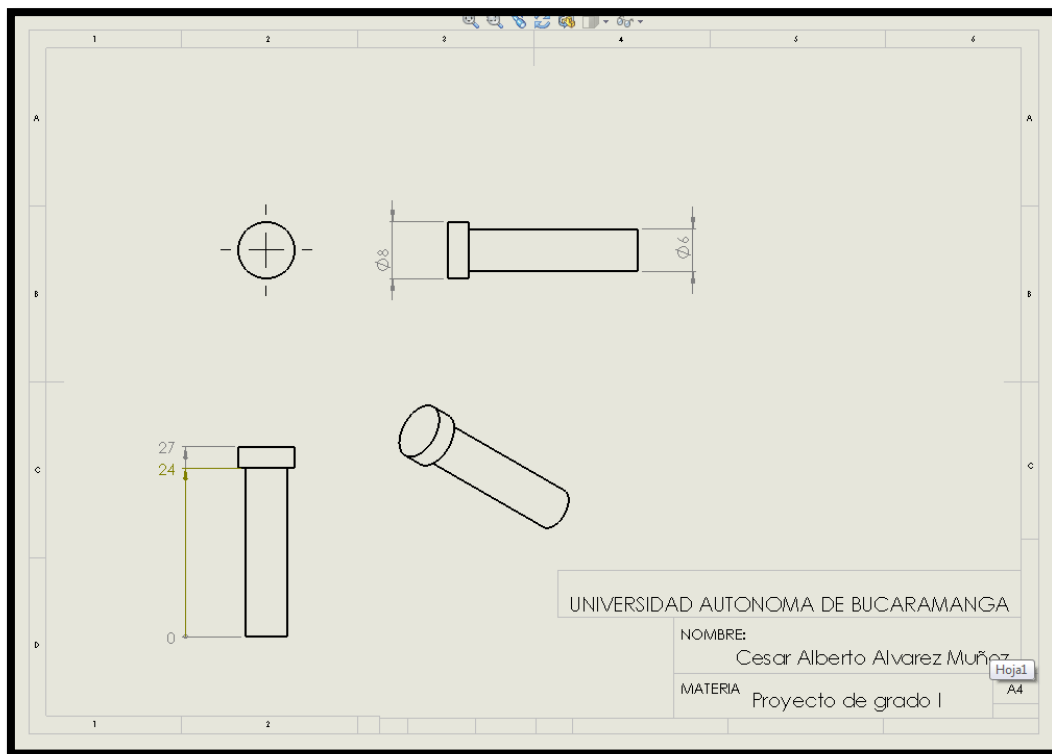


Figura 25. Plano eje sencillo.

✓ Eje Sorpote Malla

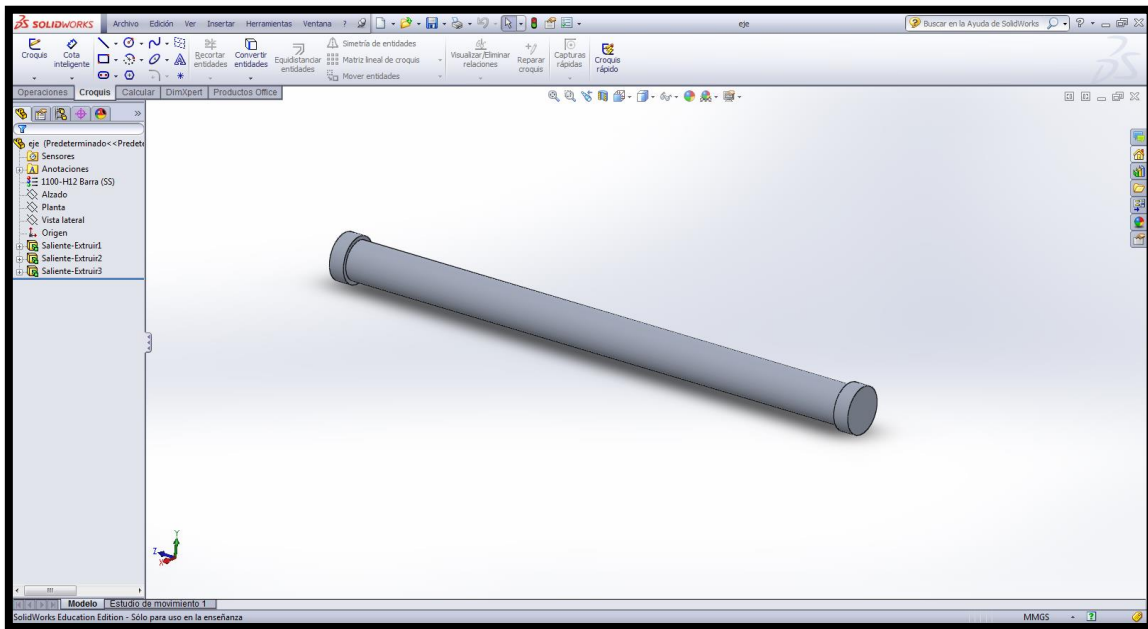


Figura 26. Eje soporte malla.

✓ Plano Eje Soporte Malla

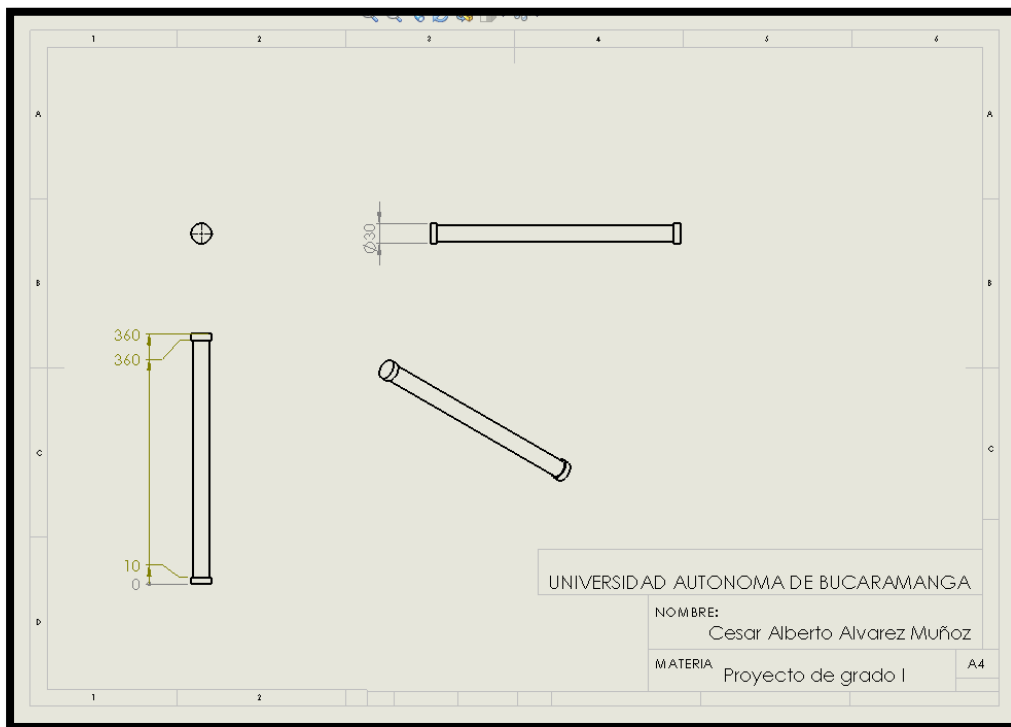


Figura 27. Plano eje soporte malla.

✓ **Malla 2**

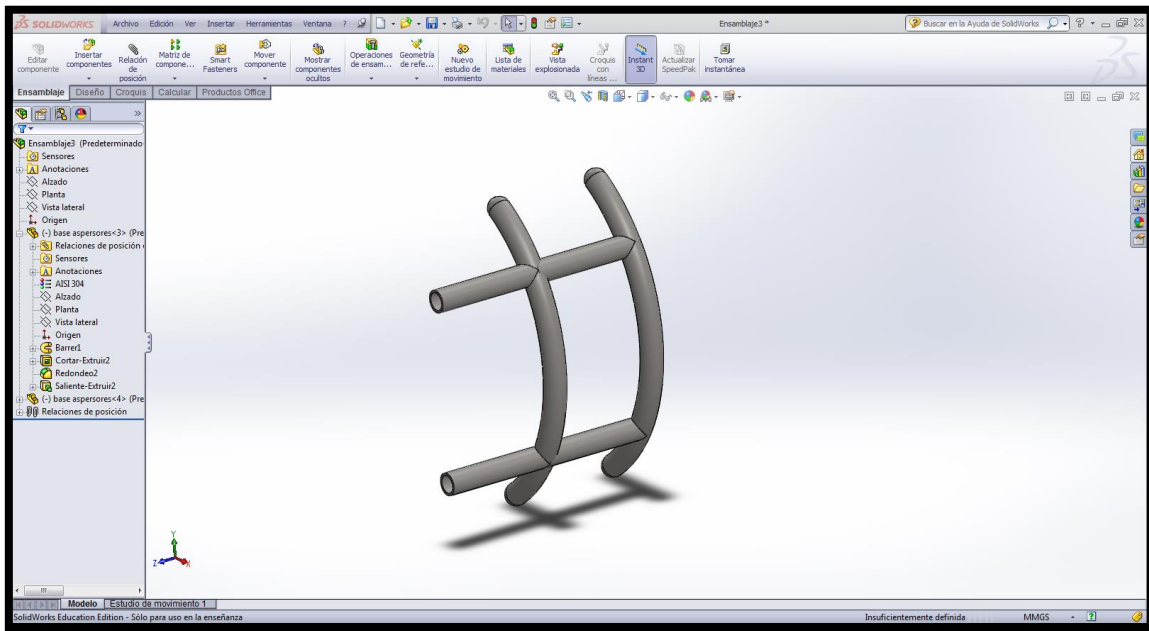


Figura 28. Malla 2.

✓ **Plano Malla 2**

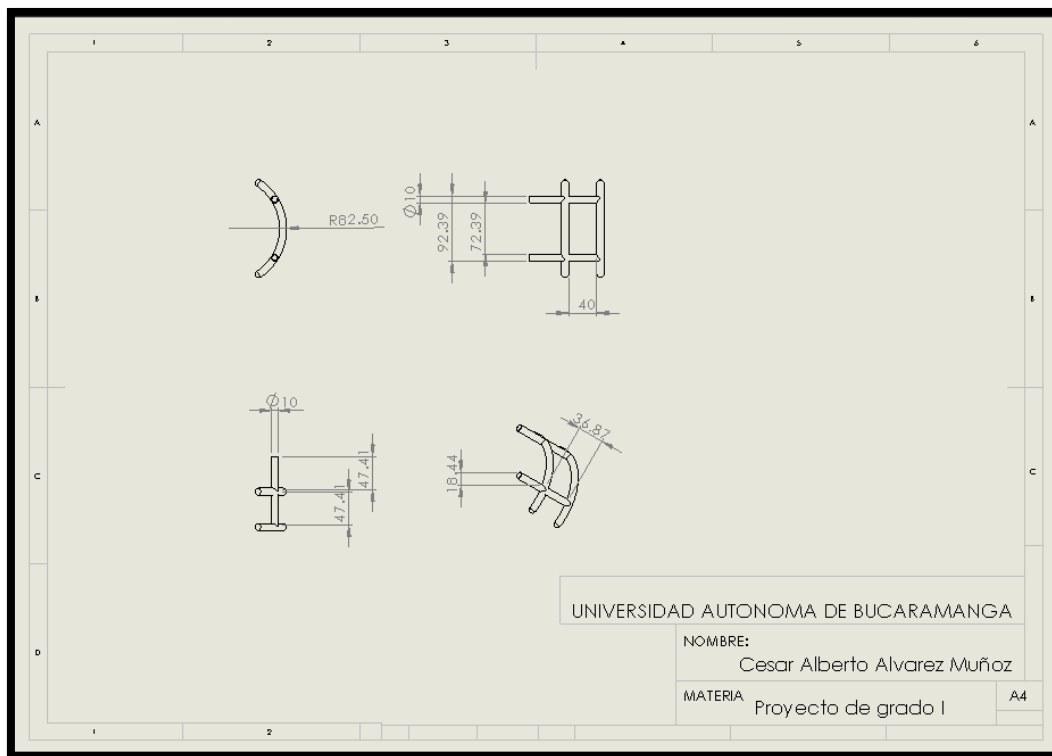


Figura 29. Plano malla 2.

✓ **Llanta**

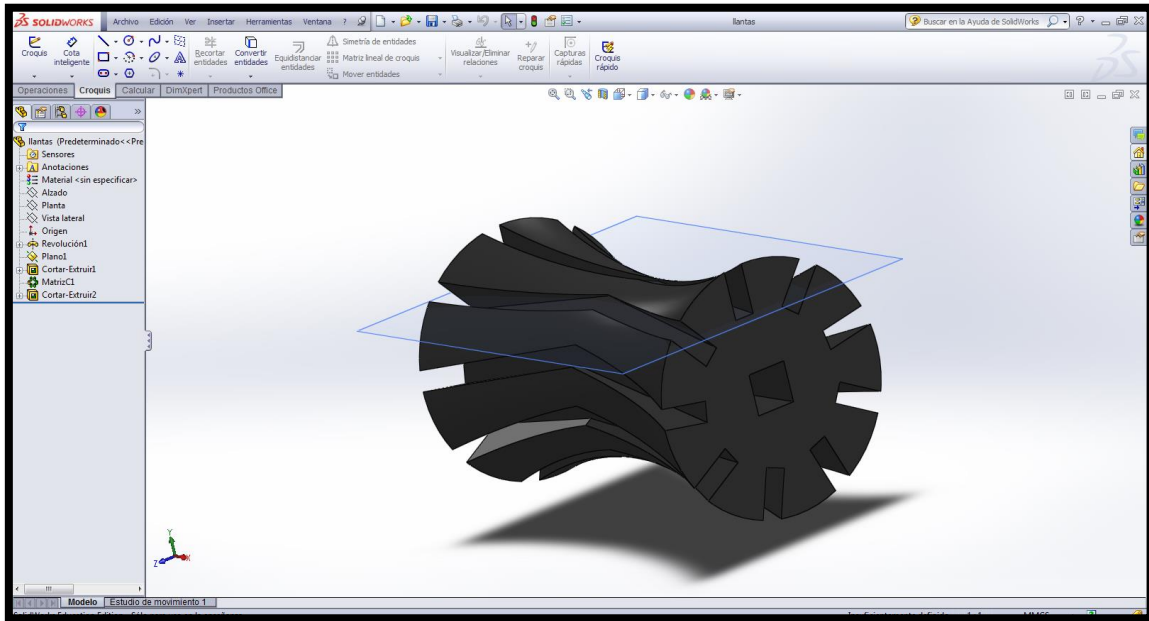


Figura 30. Llanta.

✓ **Plano Llanta**

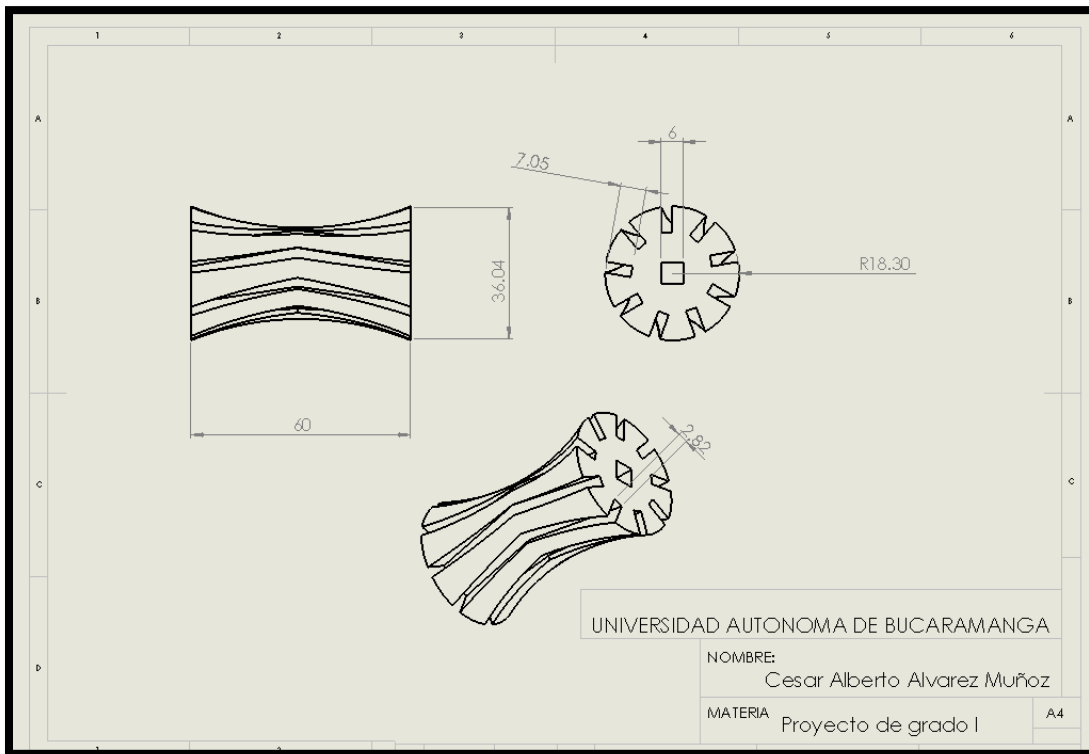


Figura 31. Plano llanta.

✓ Soportal

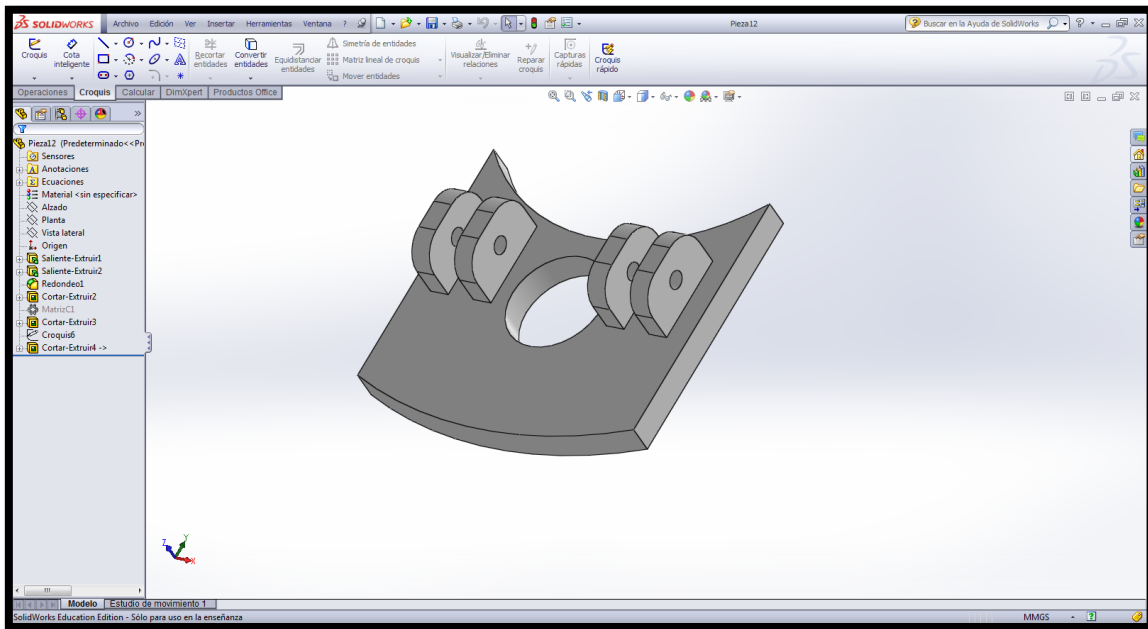


Figura 32. Soporte.

✓ Plano Soporte

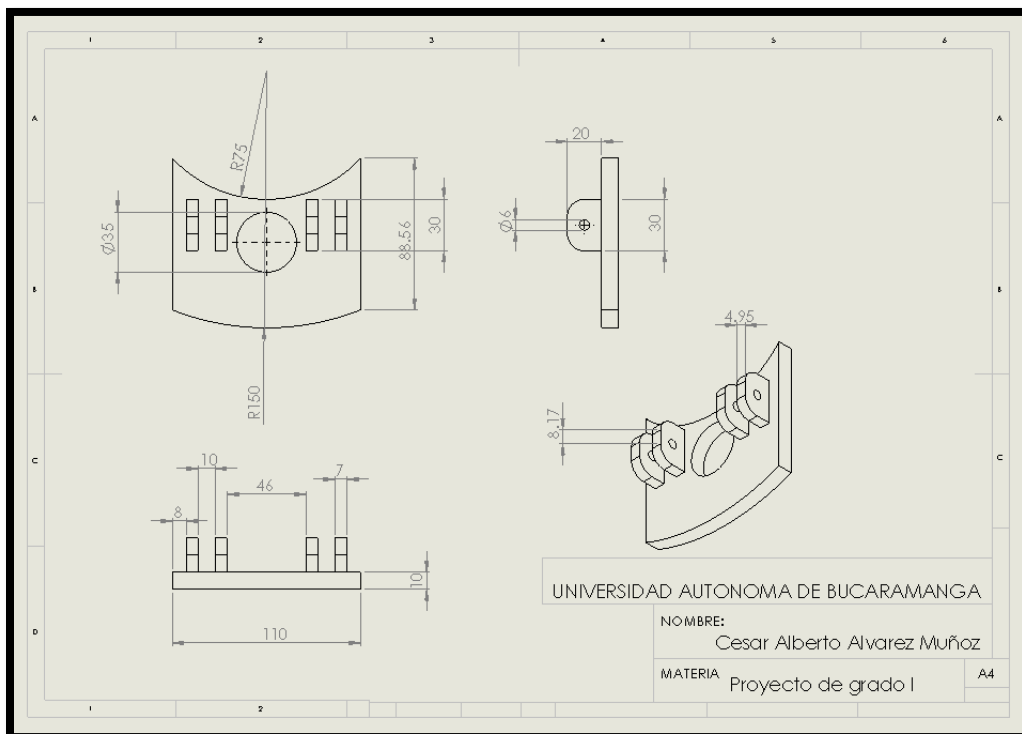


Figura 33. Plano Soporte.

✓ Seguro

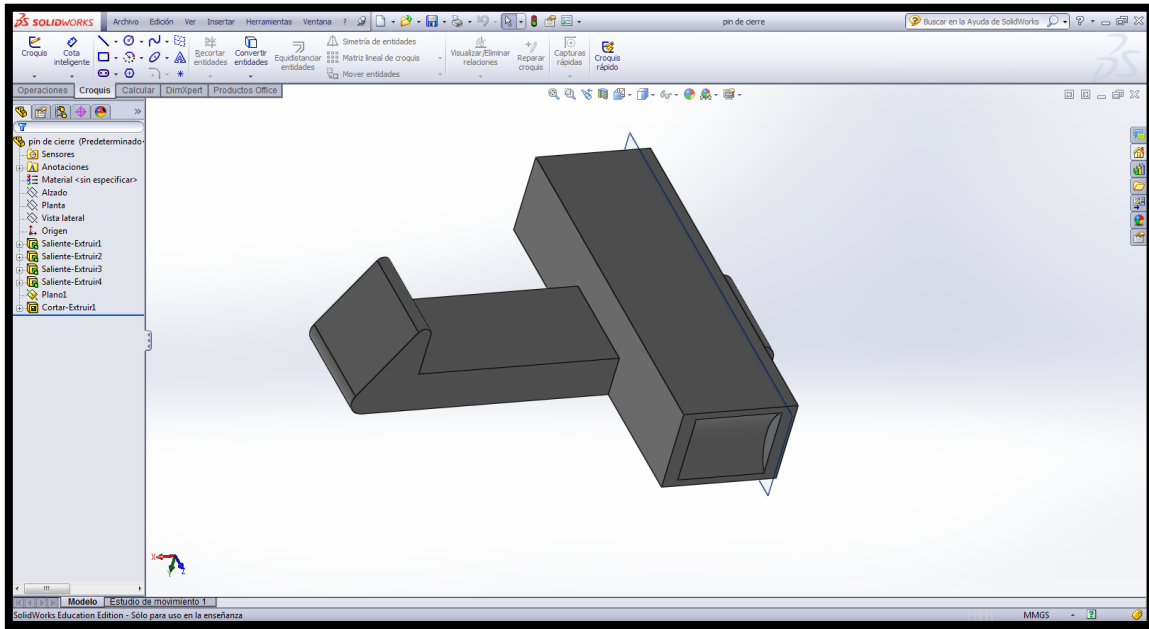


Figura 34. Seguro.

✓ Plano Seguro

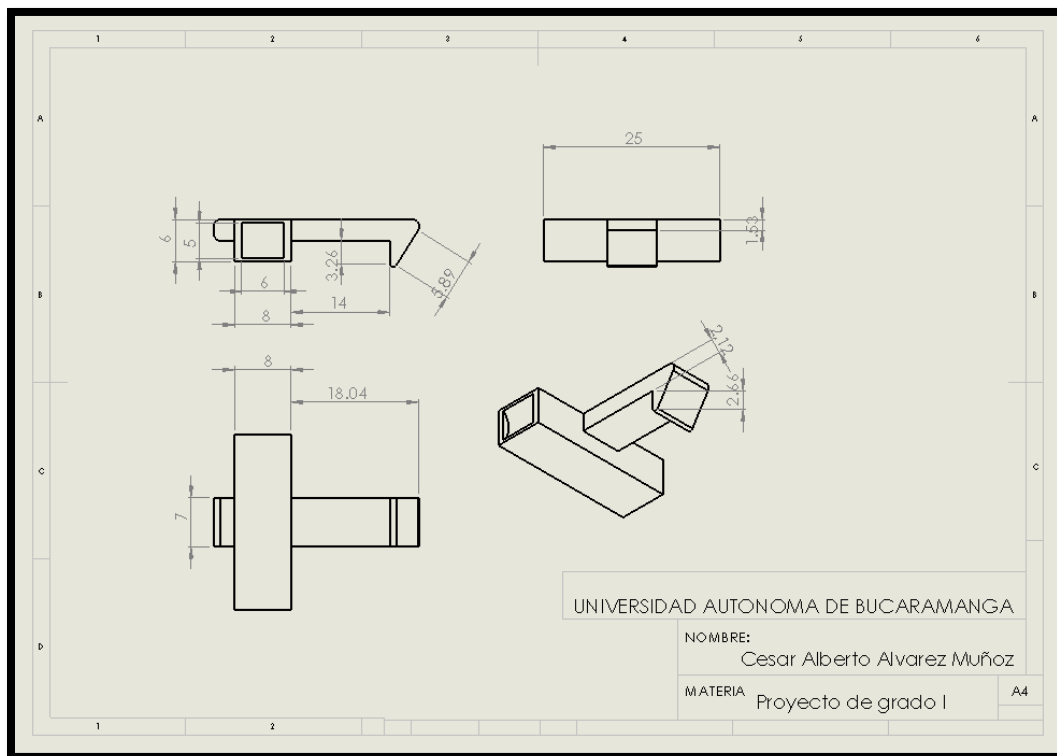


Figura 35. Plano seguro.

✓ Soporte Llanta

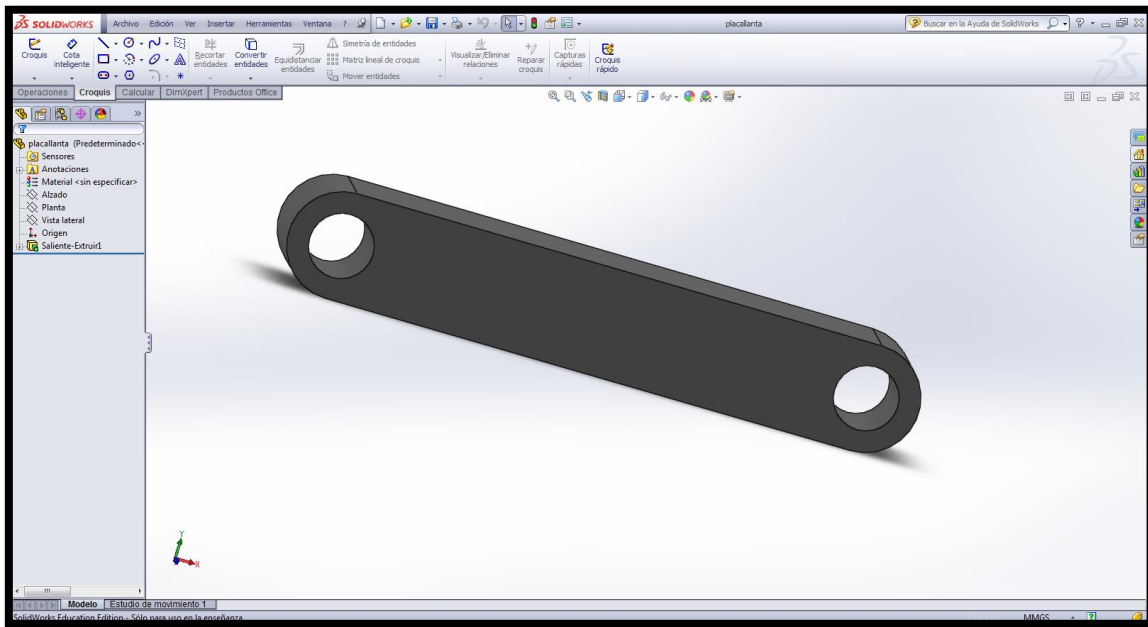


Figura 36. Soporte llanta.

- Plano Soporte Llanta

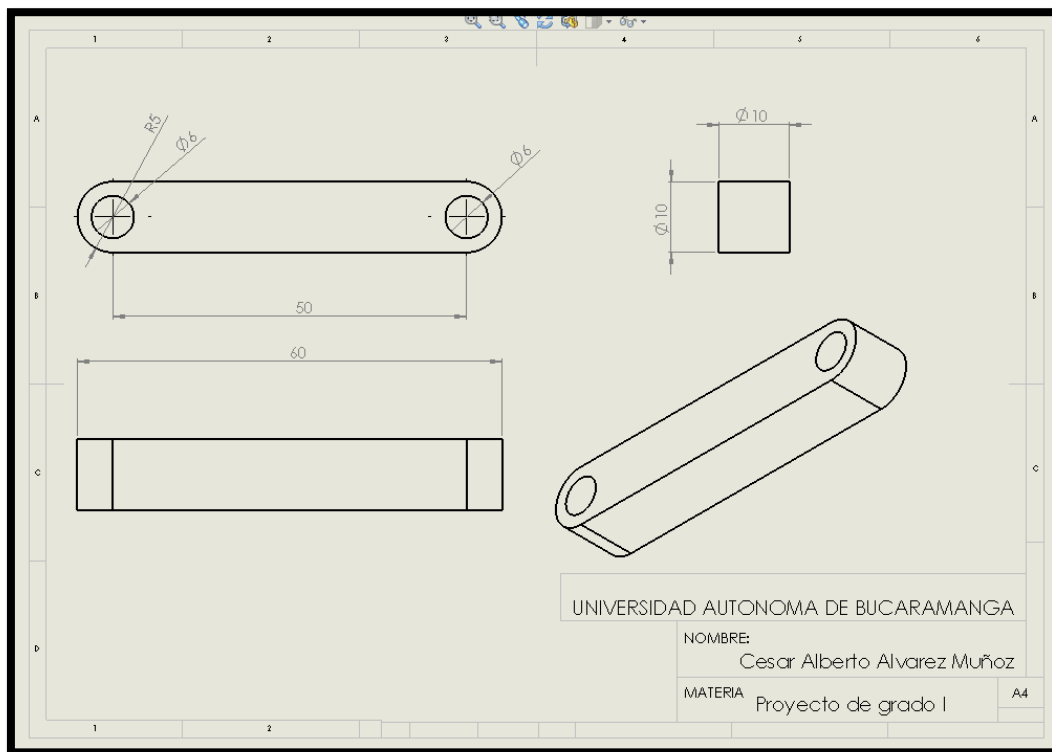


Figura 37. Plano soporte llanta.

✓ Soporte Tubería Macho

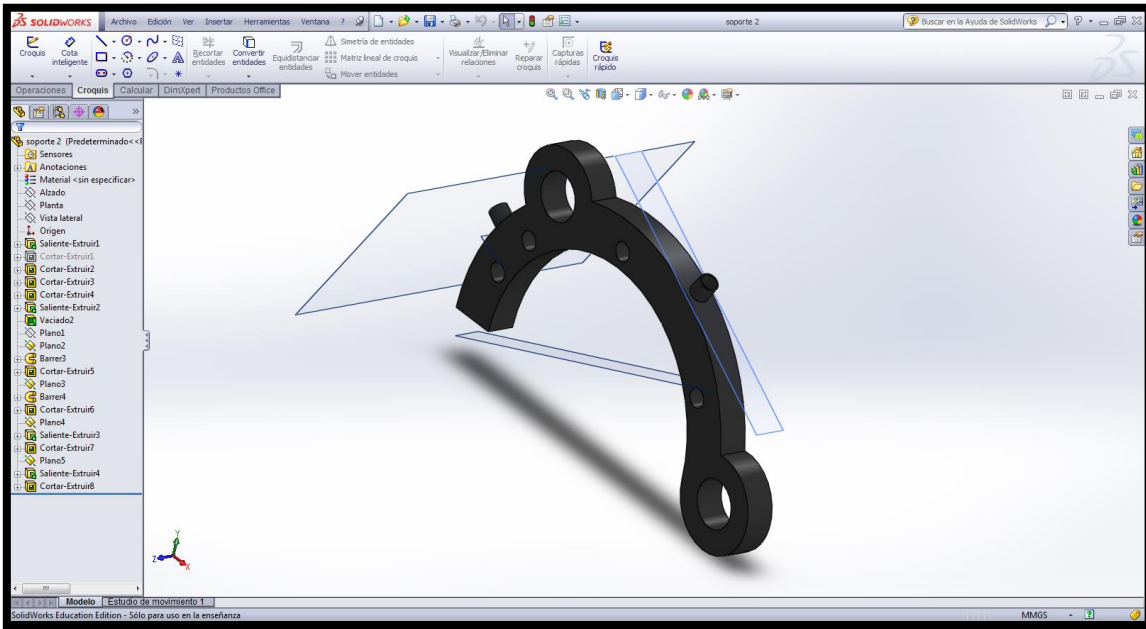


Figura 38. Soporte tubería macho.

✓ Plano Soporte Tubería Macho

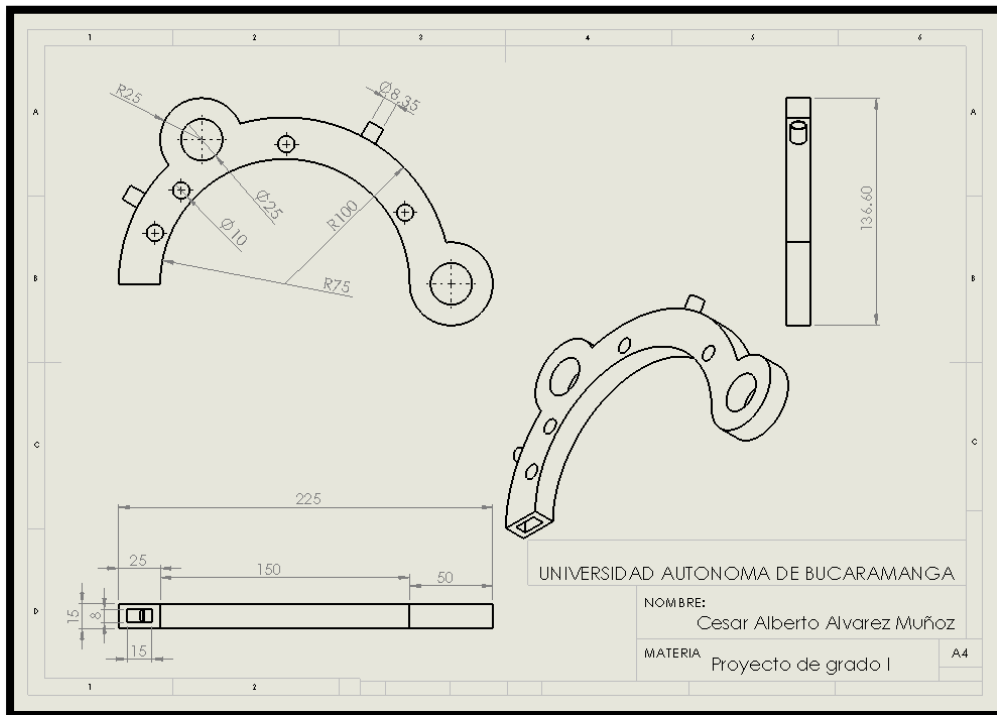


Figura 39. Plano soporte malla macho.

✓ **Soporte Malla Hembra**

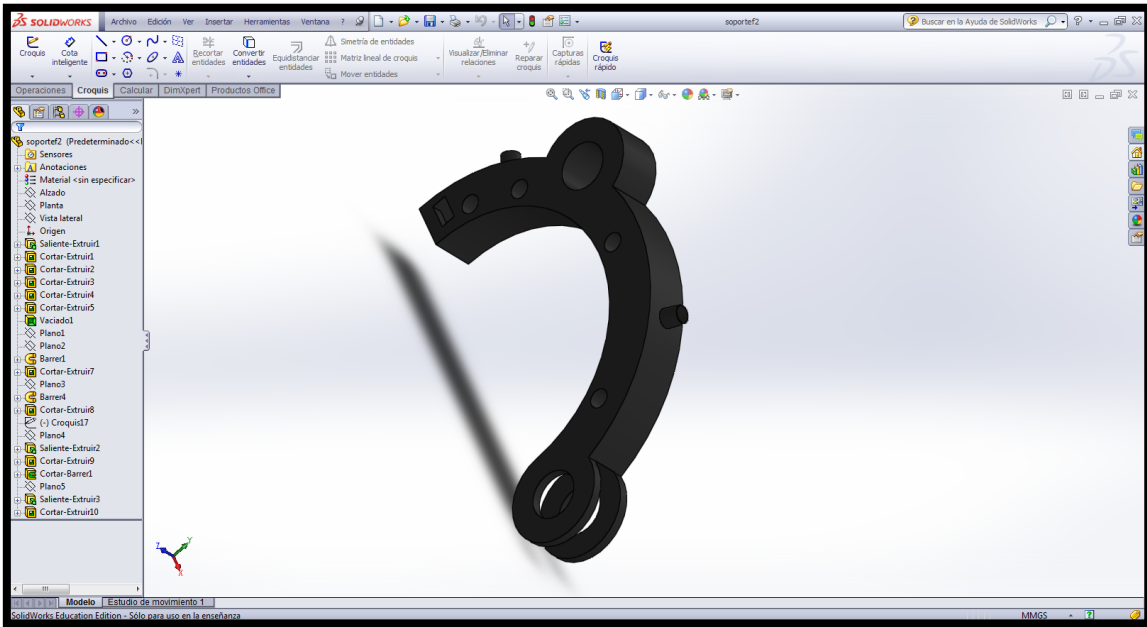


Figura 40. Soporte malla hembra.

✓ **Plano Malla Hembra**

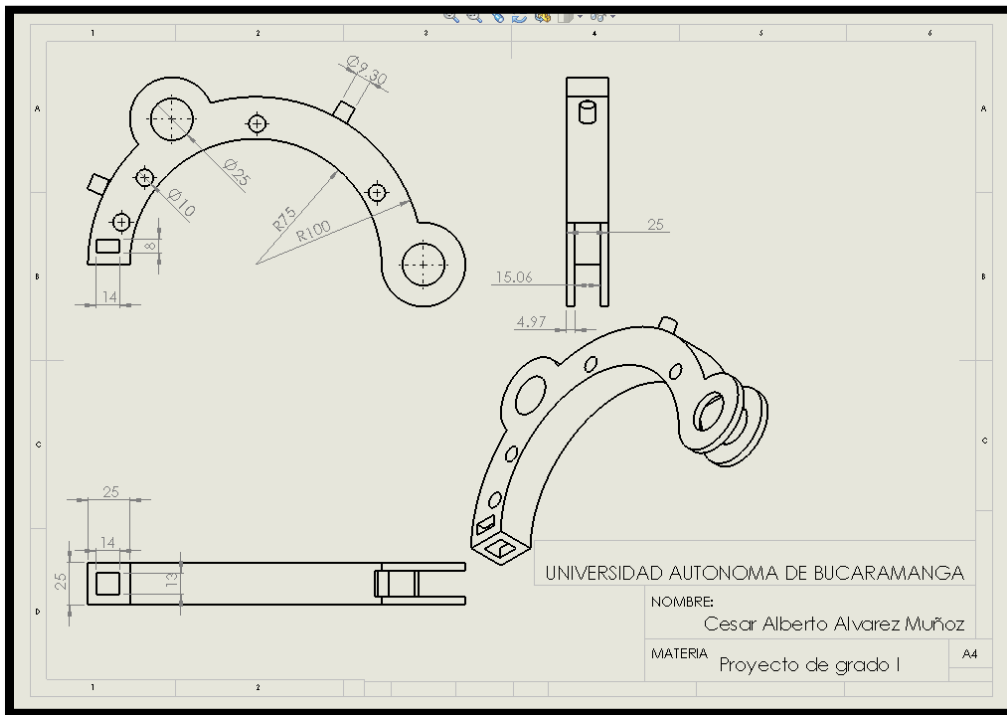


Figura 41. Plano soporte malla hembra.

✓ **Tornillo**

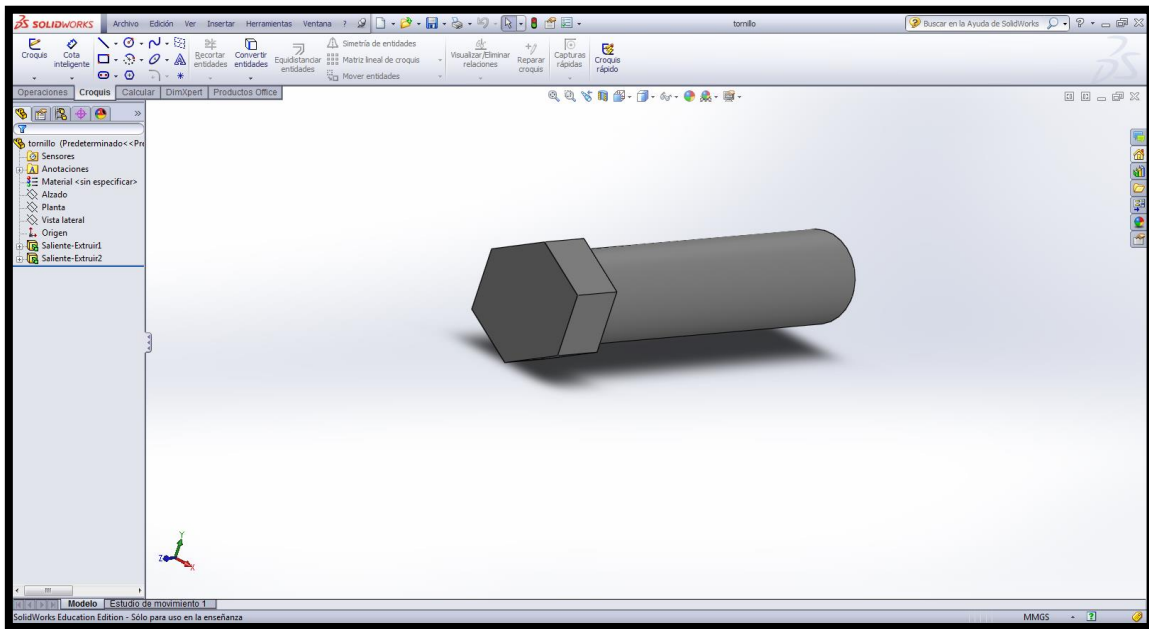


Figura 42. Tornillo.

✓ **Plano Tornillo**

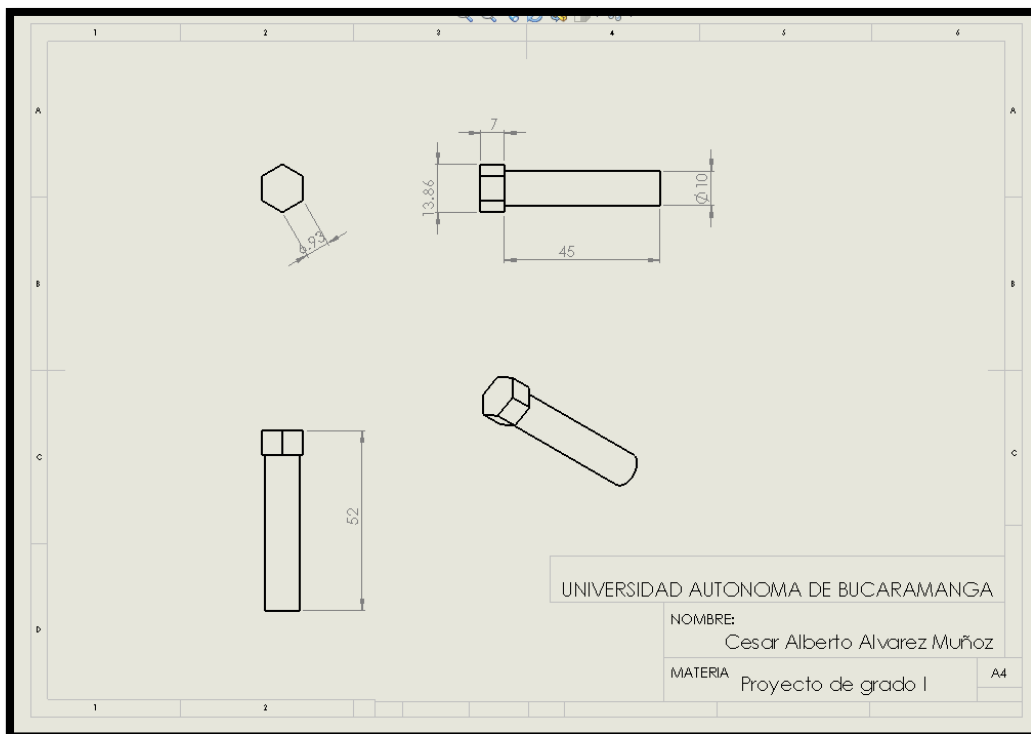


Figura 43. Plano tornillo.

✓ Eje Malla

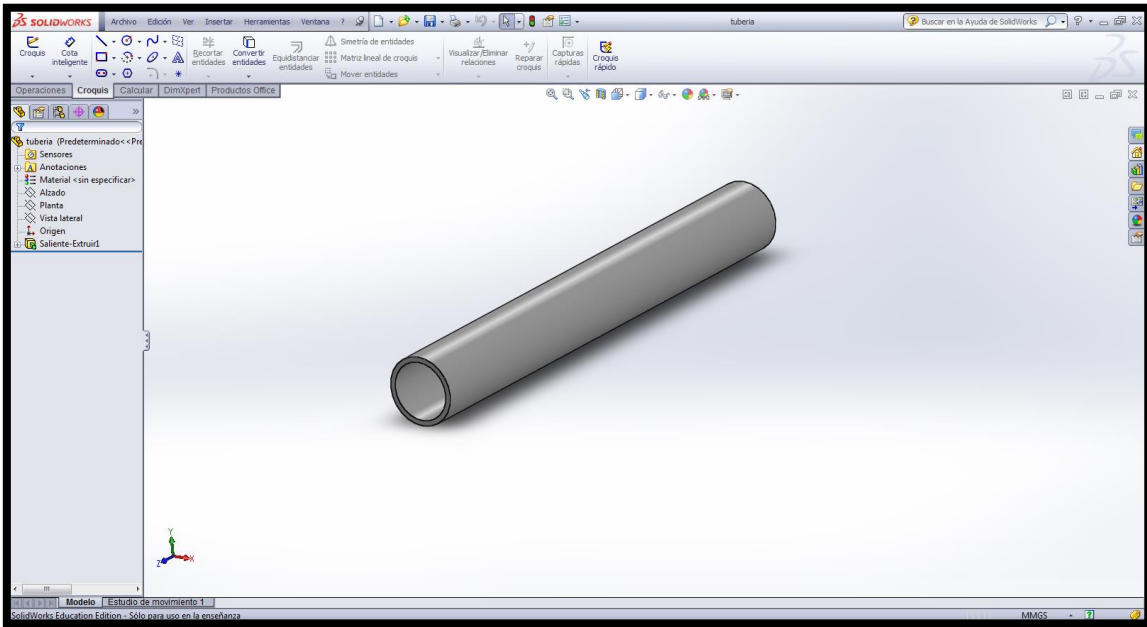


Figura 44. Eje malla.

✓ Plano Eje Malla

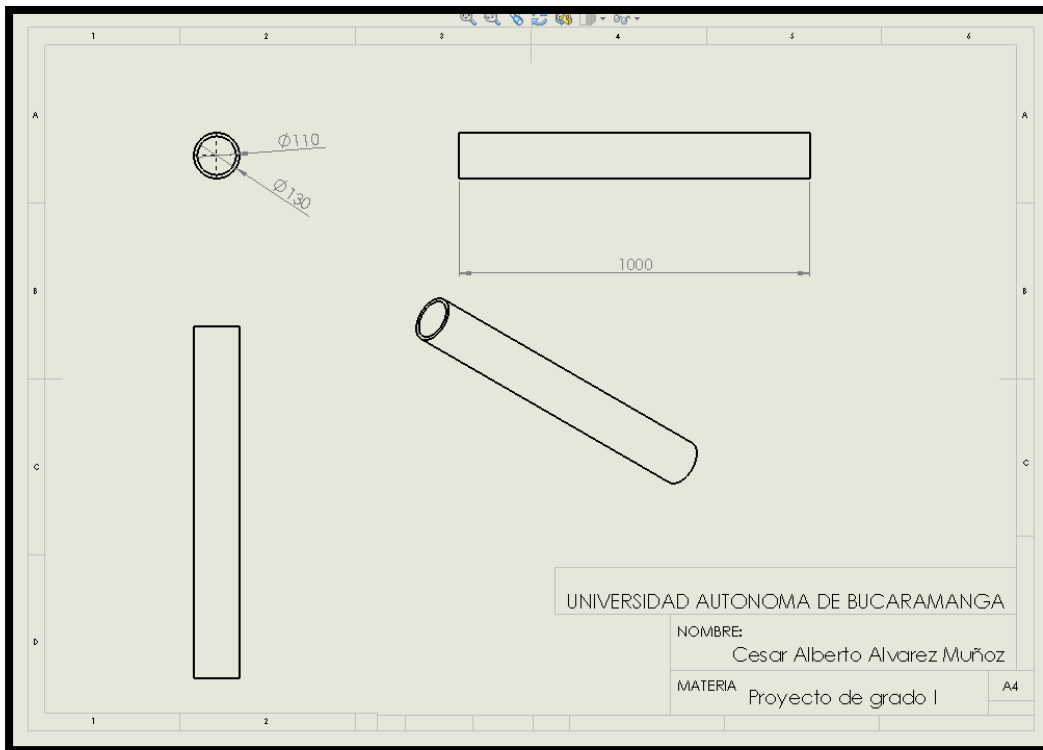


Figura 45. Plano eje malla.

✓ **Tuerca**

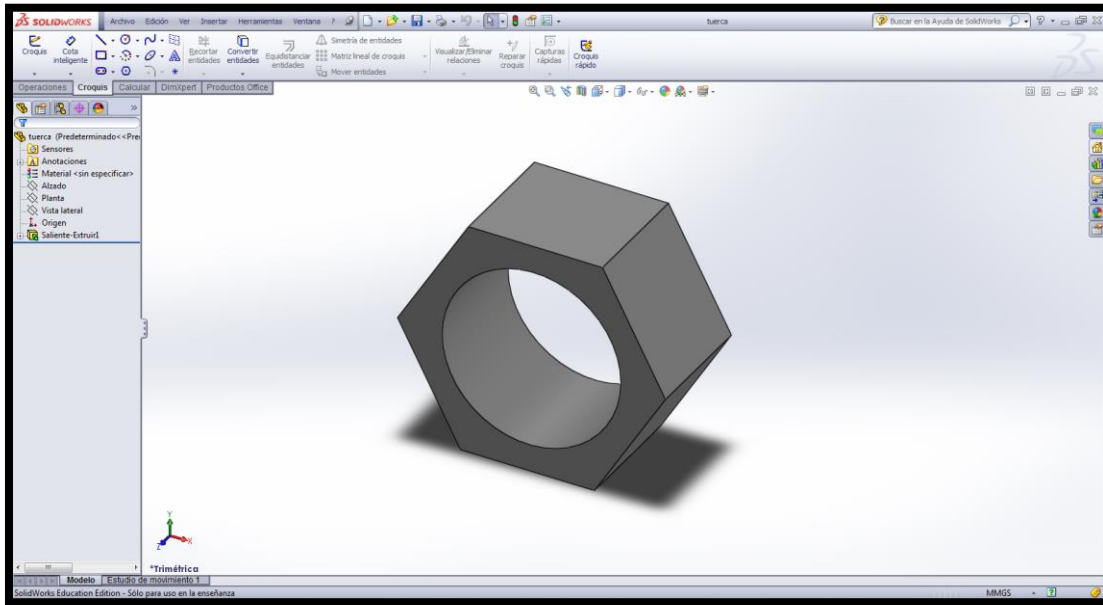


Figura 46. Tuerca.

✓ **Plano Tuerca**

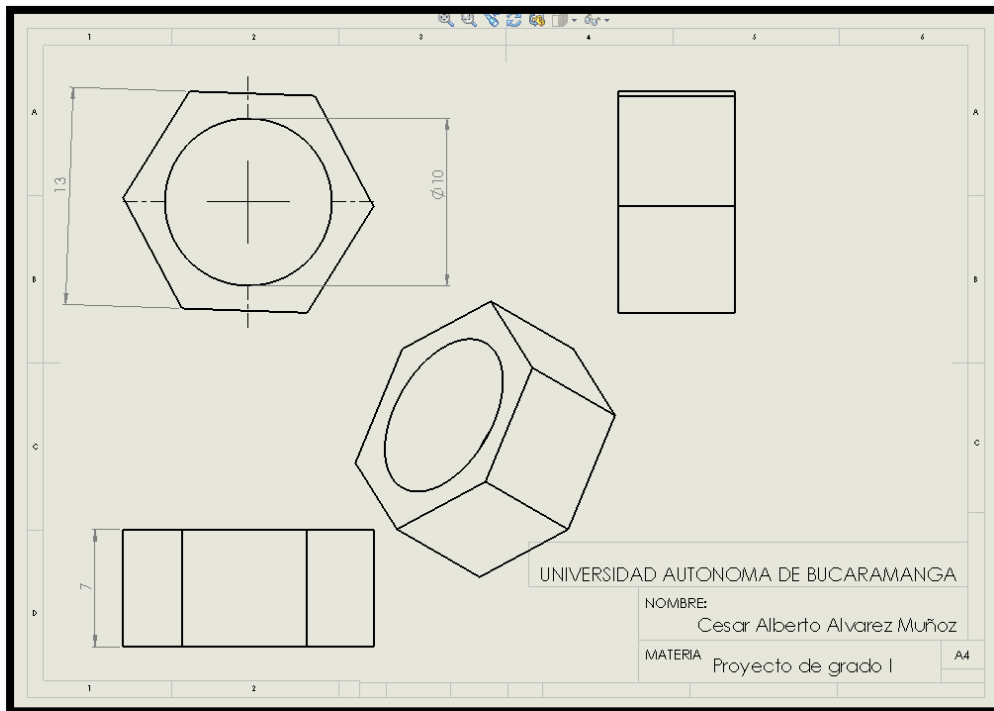


Figura 47. Plano tuerca.

6.3 Ensamble

El proceso de ensamble consiste en replicar los fragmentos de la malla para formar una camisa circular capaz de envolver la tubería de entre 4 y 5 centímetros, anclarlos a los soportes macho y hembra los cuales son alineados por el soporte que los atraviesa, se enclava uno de los soportes haciendo de pivote para el resto de la estructura con el fin de generar el cierre y apertura de la malla circular, se integra los 6 soportes de los actuadores que a su vez llevaran los motores DC que generaran el movimiento de las ruedas.

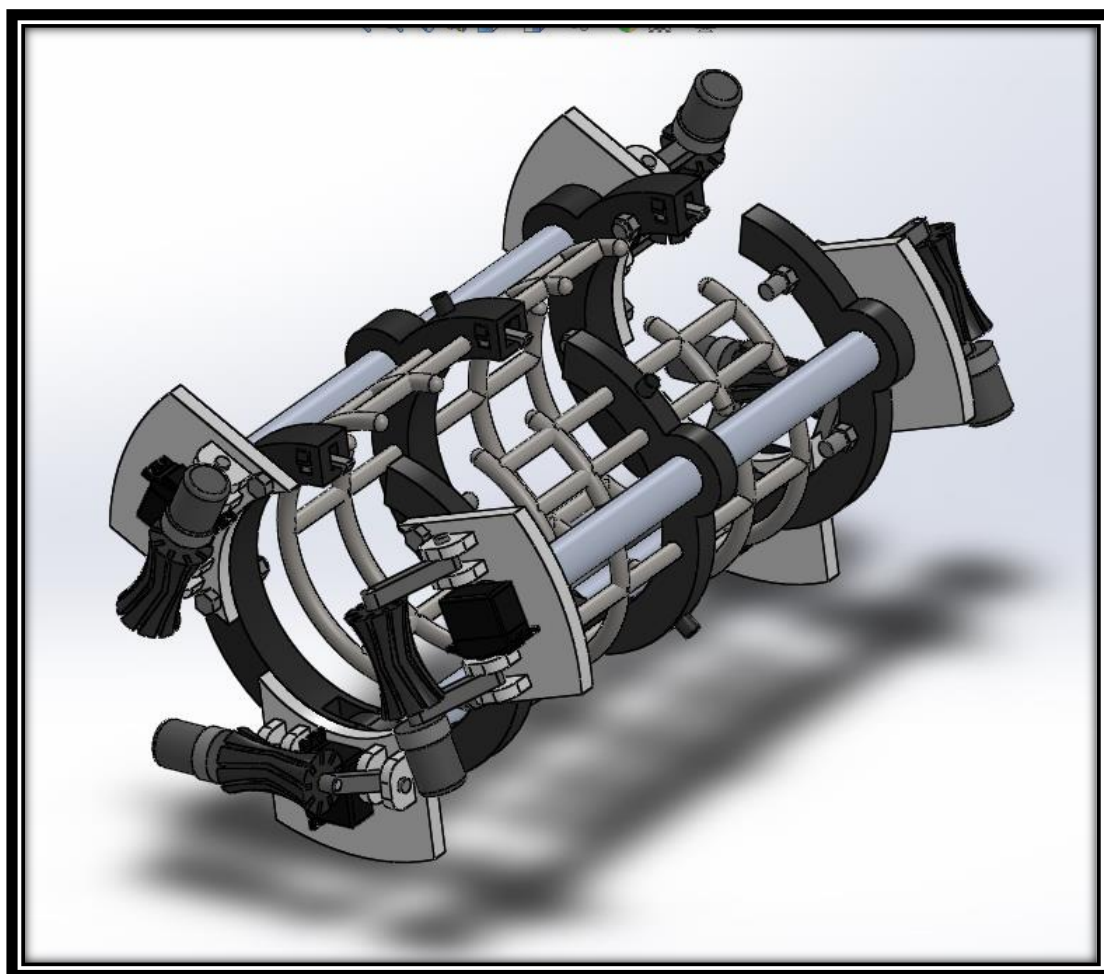


Figura 48. Ensamble completo 1.

✓ **Vista Lateral**

Se visualiza la extensión total de la apertura de la articulación de la malla permitiendo acoplarse sin ningún problema mecánico a la tubería.

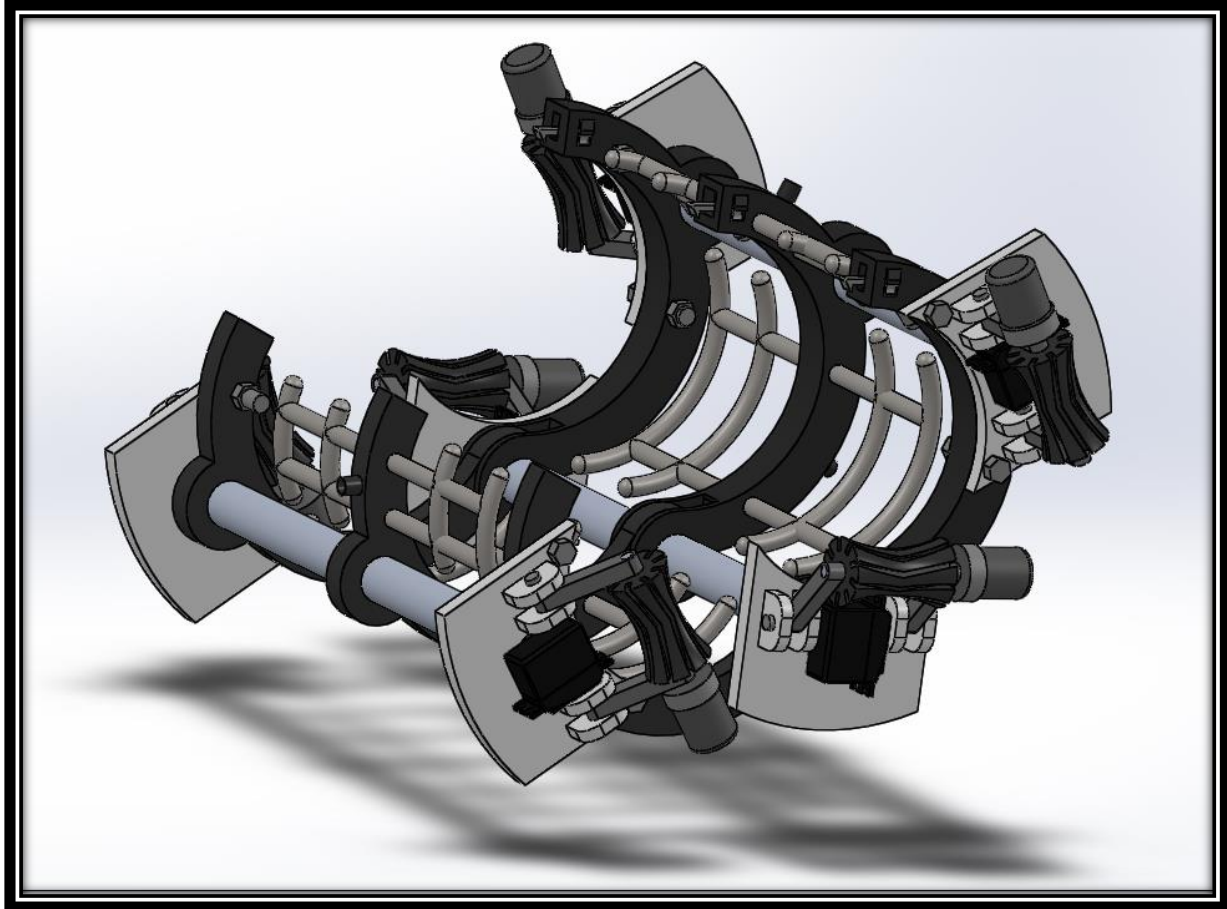


Figura 49. Ensamble completo 2.

✓ Vista robot cerrado con tubería de 5 pulgadas

Para sujetar el robot al cuerpo de la tubería se hicieron brazos que van a estar sujetos en 3 puntos de la tubería los cuales van a tener en sus extremos una llanta movida por un motor dc que me dará el empuje para recorrer el largo del objeto. Para ajustarse a otro diámetro inferior los brazos están sujetos a servomotores que me cambiarán el ángulo de sujeción adaptándose al nuevo valor de diámetro.

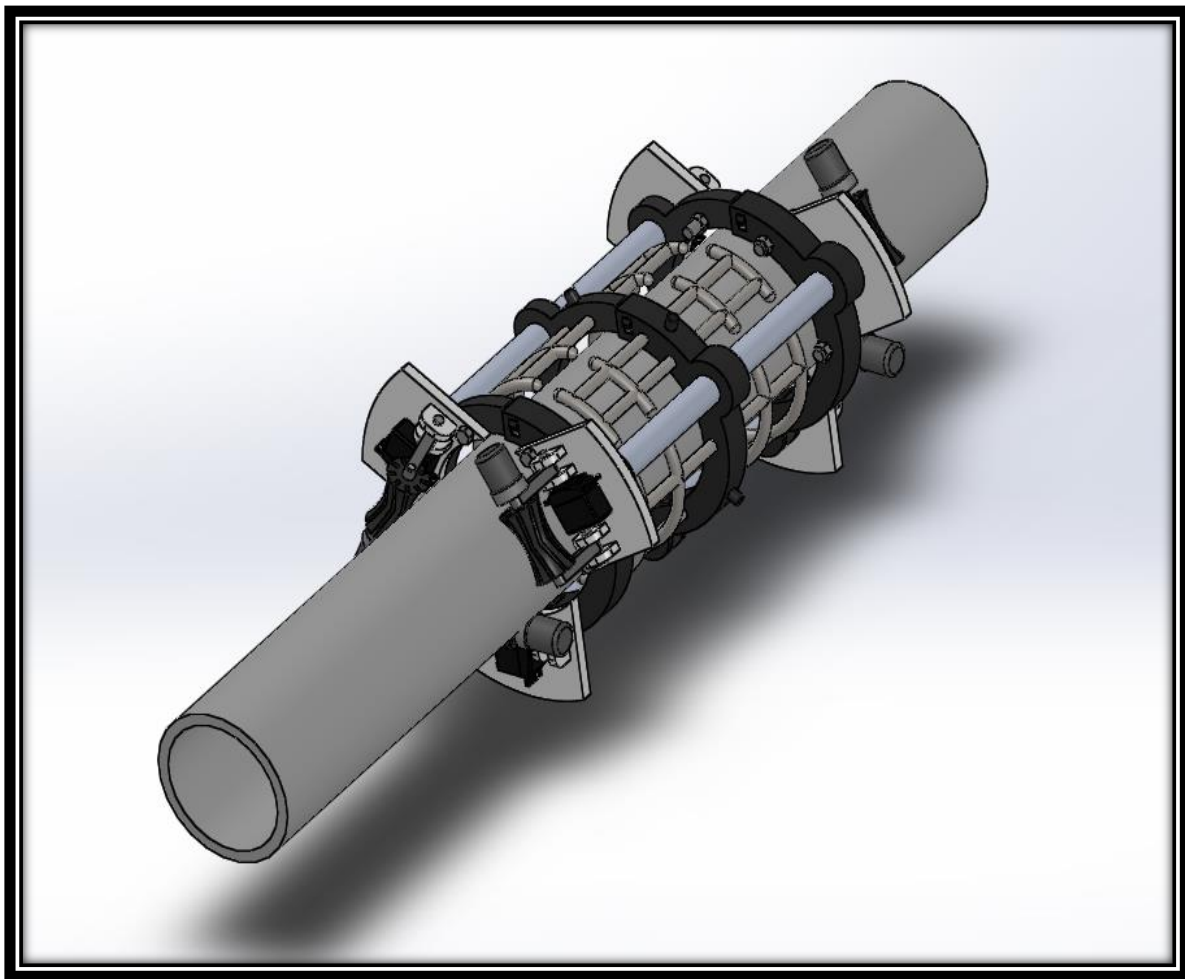


Figura 50. Ensamble con tubería 1.

✓ Vista robot abierto con tubería de 5 pulgadas

Buscando el mejor diseño para cubrir la totalidad de la circunferencia para hacer el abrasivo, se realizó una malla que envuelve la tubería la cual posee pequeños orificios por los cuales saldrá a presión el abrasivo. Una cualidad de la malla es q tiene un rango de 360 grados de trabajo sobre la superficie asegurando no dejar partes sin tratar.

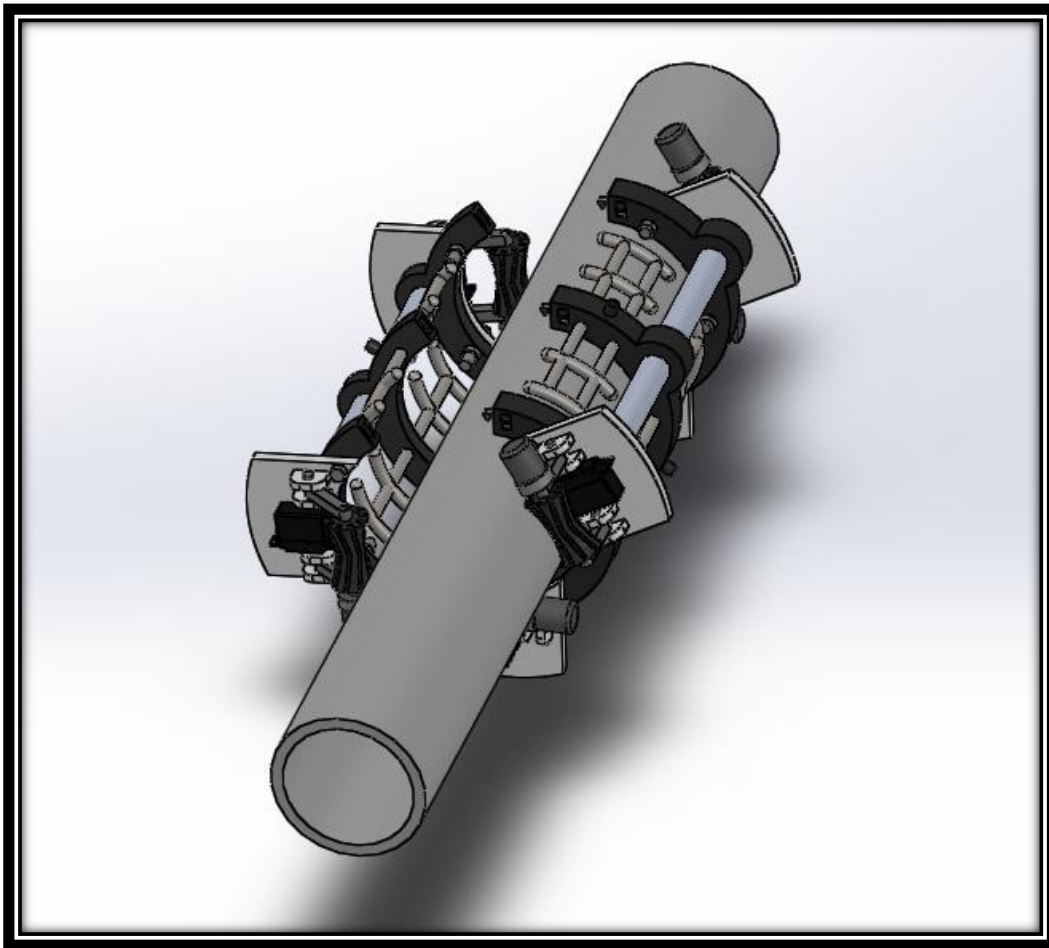


Figura 51. Ensamble con tubería 2.

7. SIMULACION DEL SISTEMA

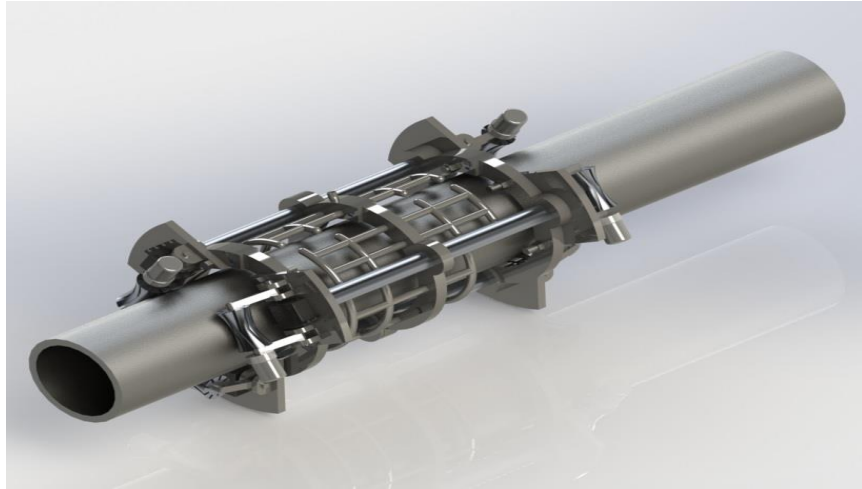
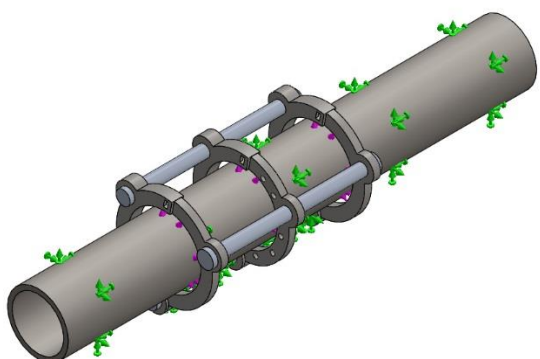


Figura 52. Ensamble 3D.

7.1 Información del modelo

A 3D CAD model of the same pipe cleaning tool assembly, but with numerous small green markers placed on its surface. These markers likely represent contact points or areas of interest for simulation or analysis. The model is centered within a light blue rectangular frame.

Nombre del modelo: limpia tubos cambio 2

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:0.503906 kg Volumen:0.000185943 m³ Densidad:2710 kg/m³ Peso:4.93827 N	D:\eje.SLDPRT Jun 21 12:52:01 2014
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:0.503906 kg Volumen:0.000185943 m³ Densidad:2710 kg/m³ Peso:4.93827 N	D:\eje.SLDPRT Jun 21 12:52:01 2014
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:0.504438 kg Volumen:0.000186139 m³ Densidad:2710 kg/m³ Peso:4.94349 N	D:\eje2.SLDPRT Jun 21 12:52:01 2014
Vaciado2 	Sólido	Masa:0.438902 kg Volumen:5.55572e-005 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:4.30124 N	D:\ soporte 2.SLDPRT Jun 23 20:39:30 2014

Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:0.980258 kg Volumen:0.000124083 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:9.60652 N	D:\ soporte f1.SLDPRT Jun 22 20:12:27 2014
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:0.980258 kg Volumen:0.000124083 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:9.60652 N	D:\ soporte f1.SLDPRT Jun 22 20:12:27 2014
Cortar-Extruir5 	Sólido	Masa:1.43633 kg Volumen:0.000181814 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:14.076 N	D:\ soporte.SLDPRT Jun 22 22:12:00 2014
Cortar-Extruir5 	Sólido	Masa:1.43633 kg Volumen:0.000181814 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:14.076 N	D:\ soporte.SLDPRT Jun 22 22:12:00 2014
Cortar-Extruir5 	Sólido	Masa:1.43633 kg Volumen:0.000181814 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:14.076 N	D:\ soporte.SLDPRT Jun 22 22:12:00 2014


<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:29.5938 kg Volumen:0.00376991 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:290.019 N</p>	<p>D:\ tuberia.SLDPRT Jun 22 20:29:42 2014</p>
--	---------------	--	--

Tabla 2. Información del modelo.

7.2 Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión	Desactivar
Muelle blando:	Activar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar

Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (D:\proye unab\junior unab\final\final)

Tabla 3. Propiedades del estudio.

7.3 Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Tabla 4. Unidades.

7.4 Carga y Sujeciones

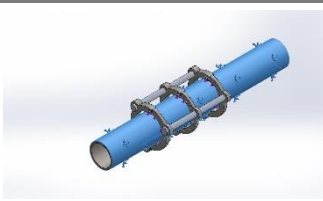
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	372.332	-174.204	-0.192137	411.07
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Tabla 5. Sujeción.

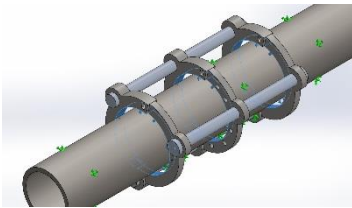
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 6 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 250 kgf Ángulo de fase: 0 Unidades: Deg		

Tabla 6. Cargas.

7.5 Información del contacto

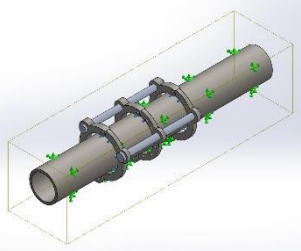
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		<p>Tipo: Unión rígida</p> <p>Componentes: 1 componente (s)</p> <p>Opciones: Mallado compatible</p>

Tabla 7. Información del contacto.

7.6 Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	20.9004 mm
Tamaño mínimo del elemento	4.18008 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Tabla 8. Información de malla.

7.7 Información de la malla detalles

Número total de nodos	37646
Número total de elementos	20203
Cociente máximo de aspecto	110.95
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	83.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.995
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	ASUS-PC

Nombre de modelo: limpia tubos cambio 2
Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado)
Tipo de malla: Malla de sólido

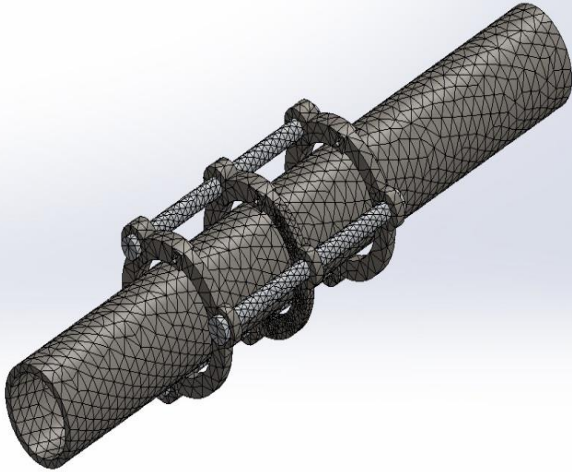


Tabla 9. Información de malla – detalles.

7.8 Fuerzas resultantes

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	372.332	-174.204	-0.192137	411.07

Tabla 10. Fuerzas Resultantes.

7.9 Momento de reacción

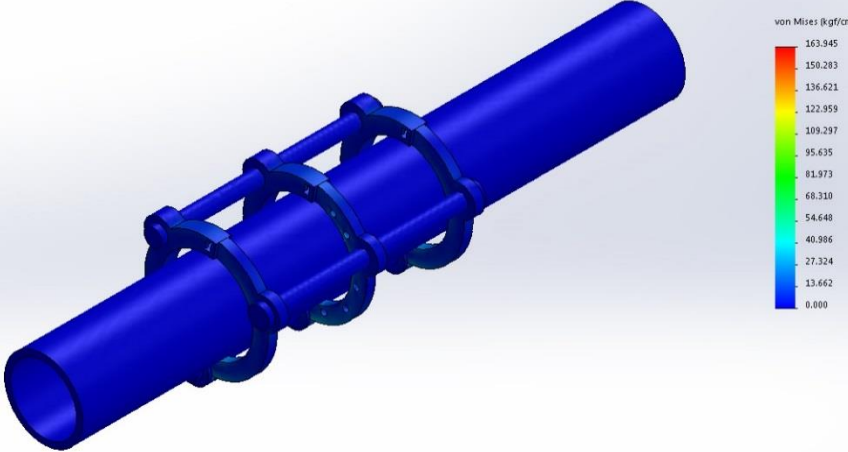
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Tabla 11. Momento de reacción.

7.10 Resultado de estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0 kgf/cm ² Nodo: 23093	163.945 kgf/cm ² Nodo: 22176

Nombre de modelo: limpia tubo cambio 2
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1



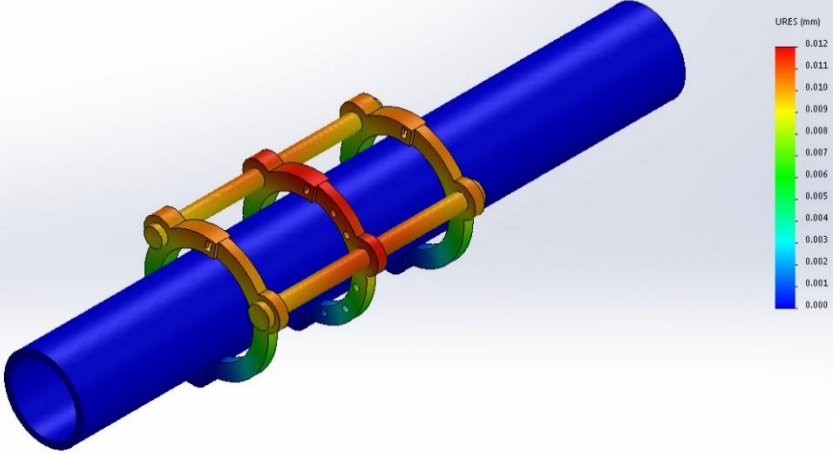
limpia tubos cambio 2-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Tabla 12. Análisis tensiones.

7.11 Desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	0.0120041 mm Nodo: 21897

Nombre de modelo: limpia tubo cambio 2
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-[Predeterminado-]
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1



limpia tubos cambio 2-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Tabla 13. Análisis desplazamientos.

7.12 Deformaciones

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0 Elemento: 12937	2.17648e-005 Elemento: 11253

Nombre de modelo: limpia tubos cambio 2
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1

limpia tubos cambio 2-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Tabla 14. Análisis Deformaciones.

8. CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó diseño en SolidWorks de las piezas que forman el robot.
- ✓ Se construye el robot mediante el ensamble de todas las piezas dando forma un sistema.
- ✓ Se realiza la simulación de esfuerzos al robot mostrando fuerzas en tensiones, desplazamientos y deformaciones unitarias dentro de lo permitido.
- ✓ El Sistema está sometido a una carga la cual se distribuye en los anillos ejerciendo una presión la cual no supera el límite elástico del material por consiguiente los desplazamientos a los que está sometido las materias son acordes con la presión ejercida.

9. BIBLIOGRAFIA

- ✓ PONCE, C.A., 2011, "Implementación del sistema inmótico para el control de accesos en el Aeropuerto de Latacunga basado en la tecnología Lonworks", Tesis de grado, Ecuador, Escuela Politécnica del ejército.
- ✓ BELTRAN, J.G., SEMPERTEGUI, M. A., 2011, "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de sensores inmóticos para las instalaciones de UPDATECOM CiaLtda", Tesis de grado, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional.
- ✓ MIGUEL, L.L., 2009, "Diseño del sistema eléctrico y de comunicación del edificio URBAN PLAZA", Tesis de grado, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional.
- ✓ CUACOS, D., 2008, "Automation and InformationTechnologySolutionsforbuildings and homes", Tesis de grado, Madrid, Universidad Carlos III de Madrid.
- ✓ ALVARADO, R. F., AYALA, G. A, CUEVA, W. E, 2007, "Plan piloto del diseño e implementación de un sistema de control de acceso de personal y seguridad para optimizar recursos de la facultad de arquitectura", Tesis de grado, Ecuador, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- ✓ ECHELON CORPORATION. Los LonWorks probadas estándar y la tecnología abarcan todos los elementos necesarios para diseñar, instalar, monitorear y controlar una red de diversos dispositivos. Citado 2013. Disponible en <http://www.echelon.com/technology/lonworks/>