

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**DISEÑO Y COSTRUCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
CARRADURA PARA PUERTAS EMPLEANDO EL PIE**

Proyecto Técnico

**Andrés Marcelo Chaquinga Caisaluisa
Homero Alexander Hernández Suquillo**

Ingeniería Mecánica

Trabajo de Titulación presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Quito, 6 de enero de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**DISEÑO Y COSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
CARRADURA PARA PUERTAS EMPLEANDO EL PIE**

**Andrés Marcelo Chaquinga Caisaluisa
Homero Alexander Hernández Suquillo**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Patricio Chiriboga P.h.D.

Firma del profesor

Quito, 6 de enero de 2017

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certificamos que hemos leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estamos de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas políticas.

Asimismo, autorizamos a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma de los estudiantes:	_____	_____
Nombres y apellidos:	Andrés M. Chaquina Caisaluisa	Homero A. Hernández Suquillo
Códigos:	00107652	00109769
Cédulas de Identidad:	1716035108	1723680029
Lugar y fecha:	Quito, 6 de enero de 2017	

Agradecimientos

Al finalizar este proyecto de titulación, agradecemos a Dios quien nos ha ayudado a mejorar y ser constantes en este largo y gran camino. A nuestras familias quienes han sido los motores y quienes nos apoyaron a lo largo de estos 5 años de carrera.

Agradecemos a nuestro tutor de proyectos quien nos ha guiado y nos ha hecho mejorar constantemente. A todos los profesores del colegio Politécnico que han sabido nutrir en cada momento nuestros conocimientos. A los amigos y amigas que han estado en lo largo de este trayecto y han aportado para concluir este trabajo

Resumen

Las cerraduras para puertas es uno de los elementos que más tocamos en el día a día; por tal motivo, existe una mayor probabilidad de que en ellos se alberguen todo tipo de bacterias causando la transmisión de las misma de una persona a otra. Debido a esto, se desarrolló una nueva cerradura; que, en lugar de estar ubicada en la parte media de las puertas, este ubicada en la parte inferior para usarla con el pie. Por eso, se desea cambiar la manera tradicional de abrir o cerrar una puerta, por una forma innovadora, creativa y sobre todo higiénica, bajo el lema “No con tus manos, sino con tus pies”. Con el desarrollo de este producto innovador se implementó un nuevo sistema de cerradura. El mismo que a futuro, podrá ser desarrollado por una empresa; que, a la vez, cree fuentes de trabajo y de ingresos. Acrecentando así, la industrialización del país. Además, este proyecto es de vital importancia por cuanto se quiere evitar el contacto de las manos con las manijas de las puertas. Evitando de esta manera, el contagio de enfermedades infecciosas de la piel por medio de bacterias.

ABSTRACT

Door locks are one of the elements that we touch most in the day to day; Therefore, they are more likely to harbor all types of bacteria, causing the transmission of bacteria from one person to another. Because of this, a new lock was developed; Which instead of being located in the middle of the doors, is located at the bottom to be used with the foot. That is why you want to change the traditional way of opening or closing a door, in an innovative, creative and above all hygienic way, under the motto "Not with your hands, but with your feet." With the development of this innovative product a new locking system was implemented. The same as in the future, can be developed by a company; Which at the same time creates sources of work and income. Thus enhancing the industrialization of the country. In addition, this project is of vital importance because it is to avoid the contact of the hands with the handles of the doors. Avoiding in this way, the contagion of infectious diseases of the skin by means of bacteria.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO	15
1.1 Fuerza Isométrica.....	15
1.2 Elementos Finitos	17
1.3 Optimización de medidas.....	19
1.4 Especificación normalizada para acero al carbono medio carbono.....	20
CAPITULO 2 DISEÑO Y ANALISIS	21
2.1 Pedal y Pivote	24
2.1.1 Eje central	30
2.1.2 Pivotes	33
2.1.3 Pedal	36
2.2 Mecanismo de activación	39
2.2.1 Pista	43
2.2.2 Barra	48
2.2.3 Seguidor Vertical.....	52
2.2.4 Seguidor Horizontal.....	55
2.3 Mecanismo de bloqueo	58
2.4 Carcasa.....	61
2.5 Cerrojo.....	64
CAPITULO 3: DOCUMENTACION DE LA MANUFACTURA.....	66
3.1 Pivotes	66
3.2 Eje central	66
3.3 Pedal.....	67
3.4 Seguidor vertical.....	69
3.5 Seguidor horizontal	69
3.6 Pista.....	70
3.7 Barra	71
3.8 Carcasa.....	71
3.9 Seguro	72
3.10 Tapa interna y tapa externa.....	73
3.11 Acople del cerrojo.....	74
3.12 Ensamble total	74
CAPITULO 4: DISCUSIÓN	80
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
5.1 Conclusiones:.....	87
5.2 Recomendaciones	88
Bibliografía	89
Anexos.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de la fuerza aplicada al pedal.....	26
Tabla 2. Ancho y largo del calzado en relación a la estatura del usuario	28
Tabla 3. Propiedades del Acero AISI 1018	31
Tabla 4. Resumen de resultados del eje central	31
Tabla 5. Resumen de resultados de los pivotes.....	34
Tabla 6. Propiedades del Acero	36
Tabla 7. Resultados de los pedales.....	37
Tabla 8. Propiedades del Aluminio.....	41
Tabla 9. Magnitud de cargas y momentos soportados por la pista	44
Tabla 10. Resumen de resultados de la pista	46
Tabla 11. Magnitud de cargas y momentos soportados por la barra.....	49
Tabla 12. Resumen de resultados de la barra.....	50
Tabla 13. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor vertical	52
Tabla 14. Resumen de resultados del seguidor horizontal	53
Tabla 15. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor horizontal	55
Tabla 16. Resumen de resultados del seguidor horizontal.....	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuerza isométrica de un individuo.....	16
Figura 2. Elemento triangular isoparamétrico.....	18
Figura 3. Cerradura de pie	21
Figura 4. Pedal y Pivote	22
Figura 5. Mecanismo de activación	22
Figura 6. Mecanismo de bloqueo	23
Figura 7. Carcasa	23
Figura 8. Cerrojo.....	24
Figura 9. Posición inicial y final del pedal.....	24
Figura 10. Fuerza aplicada sobre la balanza	25
Figura 11. Esquemático de mediciones realizadas a varias personas. Elaborado por el autor.....	27
Figura 12. Ensamble Pedal y pivote en Autodesk Inventor	29
Figura 13. Condiciones para simulación estática.....	30
Figura 14. Esfuerzo de Von Mises en el eje central.....	32
Figura 15. Desplazamientos en el eje central.....	32
Figura 16. Factores de seguridad en el eje central	33
Figura 17. Esfuerzo de Von Mises, desplazamiento y Factores de seguridad para los pivotes.....	35
Figura 18. Esfuerzo de Von Mises en el pedal	37
Figura 19. Desplazamientos en el pedal.....	38
Figura 20. Factores de seguridad en el eje pedal	38
Figura 21. Condiciones para simulación dinámica del mecanismo de activación	41
Figura 22. Fuerza vs Tiempo de fuerza aplicada sobre el mecanismo.....	42
Figura 23. Propiedades mecánicas del resorte del mecanismo de activación	42
Figura 24. Caras fijas de la pista.....	43

Figura 25. Magnitud de cargas y momentos soportados por la pista	45
Figura 26. Resultados de desplazamiento en la pista	47
Figura 27. Resultados de tensión de Von Mises para la pista	47
Figura 28. Resultados de coeficiente de seguridad de la pista	48
Figura 29. Magnitud de cargas y momentos soportados por la pista	49
Figura 30. Resultados de desplazamiento en la barra.	50
Figura 31. Resultados de tensión de Von Mises en la barra	51
Figura 32. Resultados de coeficiente de seguridad en la barra.	51
Figura 33. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor vertical	52
Figura 34. Resultados de desplazamiento en el seguidor vertical.....	53
Figura 35. Resultados de tensión de Von Mises para el seguidor vertical.....	54
Figura 36. Resultados de coeficiente de seguridad del seguidor vertical.....	54
Figura 37. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor horizontal.....	55
Figura 38. Resultados de desplazamiento en el seguidor horizontal	57
Figura 39. Resultados de tensión de Von Mises para el seguidor horizontal.....	57
Figura 40. Resultados de coeficiente de seguridad del seguidor horizontal	58
Figura 41. Condiciones para la simulación del mecanismo de bloqueo	59
Figura 42. Resultados de esfuerzos de Von Mises para la barra en L.	60
Figura 43. Resultados de factor de seguridad para la barra en L	60
Figura 44. Resultados de tensión de desplazamiento para la barra en L.....	61
Figura 45. Condiciones para la simulación de la carcasa.....	62
Figura 46. Resultados de esfuerzos de Von Mises para la carcasa	63
Figura 47. Resultados de desplazamientos para la carcasa	63
Figura 48. Resultados de factor de seguridad para la carcasa.....	64
Figura 49. Cerrojo Estándar y acople.....	65
Figura 50. Acople Cerrojo	65
Figura 51. Manufactura de Pivotes	66
Figura 52. Eje central terminado.....	67
Figura 53. Vista de perfil del pedal sin el chavetero.....	68

Figura 54. Pedales Terminados.....	68
Figura 55. Seguidor vertical terminado.....	69
Figura 56. Seguidor horizontal terminado	70
Figura 57. Pista terminada	70
Figura 58. Barra terminada	71
Figura 59. Carcasa terminada	72
Figura 60. Seguro manufacturado.....	73
Figura 61. Tapas grabadas y terminadas	73
Figura 62. Ensamble eje central pedal	74
Figura 63. Instalación del resorte de torsión	75
Figura 64. Mecanismo de activación ensamblado	75
Figura 65. Proceso de soldadura de la carcasa.....	76
Figura 66. Unión de los pedales a la carcasa	77
Figura 67. Montaje de la pista.....	77
Figura 68. Montaje de apoyos.....	78
Figura 69. Montaje del acople del cerrojo.	79
Figura 70. Ensamble total	79
Figura 71. Resultados pregunta 1 de la encuesta	82
Figura 72. Resultados pregunta 2 de la encuesta	82
Figura 73. Resultados pregunta 3 de la encuesta	83
Figura 74. Resultados pregunta 4 de la encuesta	84
Figura 75. Resultados pregunta 5 de la encuesta	84
Figura 76. Resultados pregunta 6 de la encuesta	85
Figura 77. Habitáculo de prueba	86

INTRODUCCIÓN

¿Conoce usted cómo se proliferan las infecciones? Según los Servicios de Salud y Sociales de Delaware [DHSS] (2007), las infecciones se transmiten a través de contacto directo e indirecto. El directo se produce cuando existe contacto físico entre una persona infectada y una no infectada, provocando el contagio de microorganismos causantes de enfermedades. Por otro lado, el indirecto resulta del contacto de una persona no infectada con superficies portadoras de agentes infecciosos. Estos agentes infecciosos según el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de Madrid [MSSI] (2012), son causantes de enfermedades bacterianas, infecciones parasitarias intestinales e infecciones por hongos. Dichas enfermedades, según los Servicios de Salud y Sociales de Delaware [DHSS] (2007), pueden prevenirse realizando desinfecciones regulares a las posibles superficies contaminadas.

En una de las últimas investigaciones de la empresa Clorox Company (Clorox Company, 2012), se dio a conocer que las cerraduras de las puertas se encuentran ubicadas en el puesto número tres de la lista de los objetos más contaminados. Estos objetos son uno de los elementos que más se toca en el día a día; por tal motivo, existe una mayor probabilidad de que en ellos se alberguen todo tipo de bacterias, siendo esta una fuente de transmisión por contacto indirecto. Cunningham (2007) respalda esta idea pues según su investigación, las cerraduras de las puertas están continuamente expuestas a contaminación por microbios del ambiente.

En vista de esta problemática se ha decidido innovar y crear para este trabajo de titulación una nueva cerradura accionada con el pie, la misma que evitará el contacto de las manos con las manijas de las puertas; evadiendo de esta manera el contagio de enfermedades

infecciosas. Actualmente existen cerraduras y/o accesorios que usan el mismo principio. Algunas cerraduras, como las que mencionan Preiss & Kramer (2011), cuentan con un mecanismo de poleas en el pedal, para facilitar la entrada o salida del usuario. Por otro lado, según Cunningham (2007), se ha desarrollado un recubrimiento en las manijas llamado “Scratch Guard Coat”; capaz de matar a las bacterias o virus depositados en las mismas, reduciendo así la propagación de infecciones y plagas de hospitales.

El propósito del presente trabajo de titulación es desarrollar una cerradura accionada por el pie, económica y útil, para el empleo de la misma en puertas estándar de lugares públicos y especialmente en baños de hospitales y aeropuertos. Esta cerradura cuenta con un pedal y un mecanismo que permite el bloqueo y desbloqueo de la puerta con la aplicación de una fuerza en el pedal, el mismo con el cual se permite empujar la puerta. Esta cerradura será de fácil uso para personas de cualquier edad pues la cerradura está diseñada de una forma ergonómica. Es así, que se pretende prevenir el contagio de enfermedades infecciosas; presentando un producto económico, ergonómico, de fácil uso e instalación y funcional que bloqueará y desbloqueará las puertas con el uso exclusivo del pie. Con esto, se desea cambiar la manera tradicional de abrir o cerrar una puerta, por una forma innovadora, creativa y sobre todo higiénica.

Para el desarrollo del proyecto se empezó con el diseño y simulación de la cerradura, a través de un software CAD y CAE respectivamente; con el propósito de garantizar una vida útil prolongada y factores de seguridad aceptables en cada uno de los componentes de esta cerradura. Posteriormente se propone y analiza el mecanismo de bloqueo y desbloqueo que emplea la cerradura. Subsecuentemente, se genera planos normados según el Código de Dibujo Técnico-Mecánico de la norma ecuatoriana CPE INEN 003 (1989), con el fin de documentar y respaldar el ensamblaje y construcción de los componentes a utilizar. Una vez en posesión de los mismos,

se usó técnicas de mecanizado y soldadura para producir las piezas que componen el sistema.

Asimismo, se espera comprar las partes ya estandarizadas a proveedores existentes en el mercado ecuatoriano. Finalmente, se instaló todos los componentes elaborados en un habitáculo de prueba, con el fin de simular la experiencia de usar este producto nuevo e innovador.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Fuerza Isométrica

La fuerza ejercida por una persona en el ámbito deportivo se define como “la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o como se entiende habitualmente al contraerse” (Gonzales & Gorostiaga, 2002). Esta fuerza se produce por la interacción que existe entre el número de puentes cruzados y la miosina que interactúa con los filamentos de actina como lo dice Goldspink (1992). La fuerza para Harman (1993) es la tensión generada por un musculo bajo determinadas condiciones como posición del cuerpo, movimiento en el que se aplica la fuerza y la forma de activación sea concéntrica, isométrica, así como también la velocidad. Un sujeto tiene la capacidad máxima de demostrar su fuerza en un intervalo de 1 a 4 segundos y seguramente llegue a su máxima fuerza isométrica.

La clasificación de los test de fuerza se propone a través de establecer si es que existe o no existe desplazamiento de la resistencia a la fuerza. Así podemos aislar a los ejercicios isométricos como aquellos en los cuales no existe desplazamiento y a los isocinéticos a aquellos en los cuales existe desplazamiento. “Los ejercicios isométricos son aquellos en los cuales el músculo no varía en longitud. Algunos ejemplos de ejercicios isométricos son empujar un objeto inmóvil o contraer los músculos antagonistas en forma equitativa, de forma que ningún movimiento se produzca.” (AAHPED,1988) El método más fácil de medir la fuerza isométrica es mediante el uso de dinamómetros y elementos tecnológicos de punta, con el cual se puede medir la fuerza y el tiempo que se necesita para alcanzar el máximo de la misma.

La fuerza ejercida por un hombre se produce según algunas características que cambian constantemente con el tiempo, pero pasan por los mismos puntos hasta llegar a su máxima

expresión. Entonces, existe una relación entre la fuerza y el tiempo necesario para llegar al máximo. La curva se conoce como fuerza-tiempo. En la figura 1 presentada a continuación tenemos la relación de la fuerza ejercida por un sujeto en un tiempo determinado.

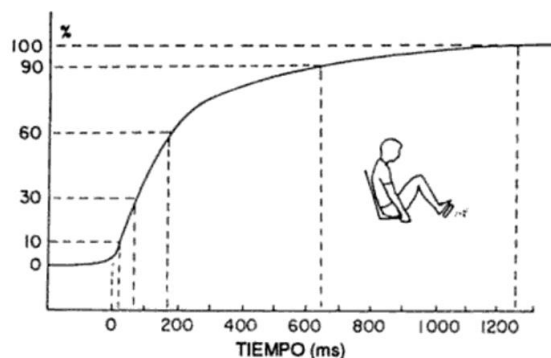


Figura 1. Fuerza isométrica de un individuo.

Fuente: (Gonzales & Gorostiaga, 2002)

Es evidente que para alcanzar la fuerza isométrica máxima es decir el 100% de la posible ejecutable ha sido necesario un tiempo prudencial mostrando en una curva con una cierta pendiente. La fuerza isométrica máxima se presentará cuando el sujeto ejerce cierta cantidad de fuerza en Newtons precedida por el ángulo de posición de las piernas y pies.

En la investigación realizada por Dopsaj e Ivanovic se mostraron resultados con una correlación significativa entre las diferentes disciplinas deportivas y la eficiencia de la fuerza de los extensores de las piernas, en los atletas con la adaptación más intensa a nivel de fuerza, con respecto a aquellos cuyo nivel de entrenamiento no se especifica y para aquellos miembros de la población sin entrenamiento. Poniendo el tema sobre la mesa de cuanto fuerza es la adecuada para este proyecto. La medición de fuerza isométrica como se describe en el artículo mencionado se la realizo con dinamómetros electrónicos a diferentes grupos de persona, futbolistas, basquetbolistas, jugadores de waterpolo y jóvenes adultos sanos. A lo largo de esta

investigación se encontró que el grupo de jugadores de waterpolo son aquellos que pueden ejercer mayor fuerza y el grupo de control como aquellos que pueden generar la menor. Este estudio arrojó datos interesantes como la relación entre fuerza máxima y tiempo, encontrando que el tiempo para alcanzar la fuerza máxima es menor a un segundo en cada uno de los grupos de estudio mostrando una variación significativa en cuanto a tiempo y fuerza en cada uno de los test realizados a cada grupo de estudio.

1.2 Elementos Finitos

El análisis de elementos finitos es el proceso mediante el cual se divide una estructura de estudio en un número determinado de elementos para después mediante el uso de interpolación de elementos polinomiales describir o encontrar la variación de una variable de un elemento a otro. La geometría de los elementos en los cuales se discretiza una pieza, puede variar según el criterio de cada diseñador pudiendo ser en una, dos o tres dimensiones. En los modelos estructurales de elementos finitos se determina a través de los elementos y nodos presentes en el modelo desplazamientos que nos ayudan a conocer momentos de torsión, de flexión y por ende esfuerzos mecánicos, coeficientes de seguridad y deflexiones a lo largo de toda la geometría de estudio.

El método de elementos finitos se vuelve mucho más confiable y apegado a la realidad cuando se utiliza un número de elementos relativamente alto discretizando la pieza en secciones muy pequeñas. Por esta razón la solución de cada ecuación polinomial a mano sería un trabajo interminable, entonces es conveniente utilizar un software computacional que facilite el trabajo al diseñador. El operador del software debe proporcionar las condiciones de borde, material de cada elemento, geometría de cada pieza a analizar, número de nodos, tamaño de los elementos y

sobre todo geometría de los nodos. Los programas de computación con FEA (Finit Element Analysis) resuelven y muestran los datos obtenidos tras una simulación, para ello en el mercado existen gran cantidad de firmas que ofrecen estos programas; entre los más reconocidos se tiene Inventor, Catia, Solid Works, Abaqus y Comsol. Para este proyecto de titulación se utilizó Autodesk Inventor 2016 debido a la accesibilidad del mismo.

El clásico y popular elemento bidimensional utilizado en discretización de piezas para FEA es el triángulo y por eso es el elemento estándar para análisis en el software Inventor. El triángulo es utilizado esencialmente en geometría planeares con formas complicadas, pues resulta más sencillo discretizar este tipo de geometrías a través de triángulos que se pueden acomodar fácilmente en las mismas. Este elemento en particular cuenta con tres nodos uno por cada vértice del triángulo como se muestra en la figura 2. Dicho elemento es “el único en el cual se puede incluir polinomios completos en función de los parámetros de un triángulo de Pascal. La posición de los términos en el triángulo de Pascal corresponde a la posición de los nodos en el elemento triangular” (Stasa, 1985).

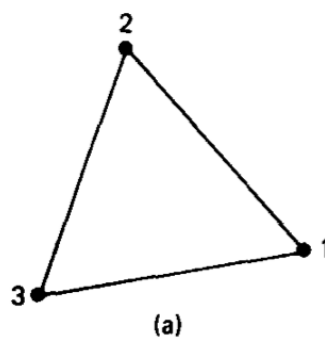


Figura 2. Elemento triangular isoparamétrico

1.3 Optimización de medidas

El diseño de cualquier pieza para un determinado uso, parte de ciertas condiciones que imponen barreras para el primer bosquejo. A partir del primer bosquejo se va refinando el diseño, a través de un proceso cíclico. En el diseño de piezas y estructuras para maquinarias u otros artefactos se realiza un proceso iterativo, que es un afinamiento con retroalimentación cíclica, es decir mediante este proceso se puede obtener un diseño mejor al anterior. Para el diseño de cada una de las piezas se realizó una estimación de las medidas a través de las necesidades de los usuarios. Se consideró así mismo lo que debe hacer, como debe funcionar y como debe comportarse el producto. Para ello se requiere un diseño físico como conceptual, tomando en cuenta el posible peso, resistencia mecánica, factor de seguridad estático y otras dimensiones ya establecidas como, por ejemplo, espesor de las puertas estándar, medidas del cerrojo, dimensiones de tornillos, propiedades mecánicas de los resortes y alambres, dimensiones de seguros Seager y accesorios para puertas.

A partir de esto, se obtuvieron las dimensiones base de las cuales se partió para bosquejar cada una de ellas en el software Autodesk Inventor. A través del acelerador de diseño y el empleo de elementos finitos en cada pieza se pudo refinar y obtener las medidas exactas que garanticen factores de seguridad mayores o iguales a 1.5. El factor de seguridad se ha escogido de acuerdo a la experiencia adquirida a lo largo de la carrera al momento de hacer análisis de diseño y consensado en grupo de análisis para el mismo. Este factor de seguridad provee posibles sobrecargas en las piezas, sobrecargas accidentales, diferentes tipos de cargas, variabilidad en la calidad de la mano de obra y variaciones en las propiedades de los materiales. Es importante utilizar un factor de seguridad ya que en caso de posibles fallas o

desviaciones en la manufactura de los componentes este ayuda a corregir un poco dichas desviaciones. El proceso iterativo se realizó poniendo medidas superiores o inferiores a las obtenidas analíticamente para llegar a las óptimas que minimicen material, peso y garanticen resistencia mecánica.

1.4 Especificación normalizada para acero al carbono medio carbono

Todo proceso de soldadura necesita ser normalizada bajo una norma internacional estandarizada. En base a esto se ha analizado la norma más apropiado para la soldadura de los componentes de este proyecto de titulación. En vista que las placas utilizadas tienen un espesor de 10 mm y una vez decidido el material que se iba a utilizar se recurrió a las normas establecidas en el país. Según el INEN (2009) en su norma 1390 especifica que para soldar sobre perfiles, placas y barras de acero de medio carbono se usa el código AWS D1.1 recomendado para placas mayores o iguales a 3 mm de espesor. Para utilizar esta norma se debe considerar que el material a soldar no exceda el límite de fluencia de 690 Mpa, que las placas no sean menores a 3 mm de espesor y que esta norma no se puede utilizar para sueldas de envases o tanques.

CAPITULO 2 DISEÑO Y ANALISIS

Con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios en lo que se refiere a comodidad, ergonomía y seguridad, se ha diseñado cada uno de los componentes de la cerradura para cumplir con lo descrito en la introducción. Para ello, se ha hecho un análisis exhaustivo de dimensiones, materiales, factores de seguridad, tipos de mecanismos, sistemas de sujeción, lubricación y funcionamiento. A continuación, en la figura 3 se presenta el ensamble total del producto que facilita la comprensión del estudio realizado en este proyecto.

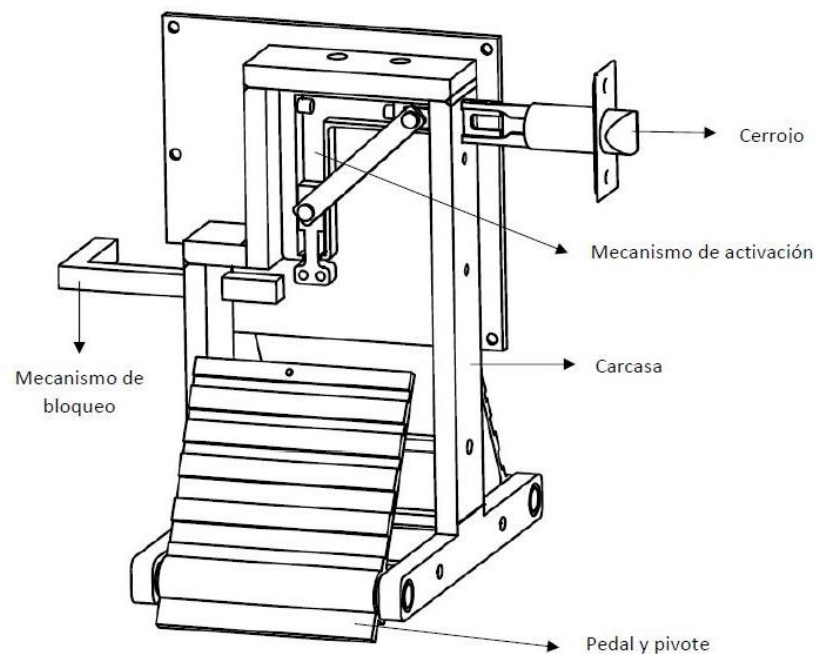


Figura 3. Cerradura de pie

Con el objetivo de facilitar los procesos iterativos de diseños que garanticen dimensiones y factores de seguridad se ha decidido dividir la cerradura en 5 subensambles presentados en las figuras 4, 5, 6, 7, 8:

1. Pedal y Pivote

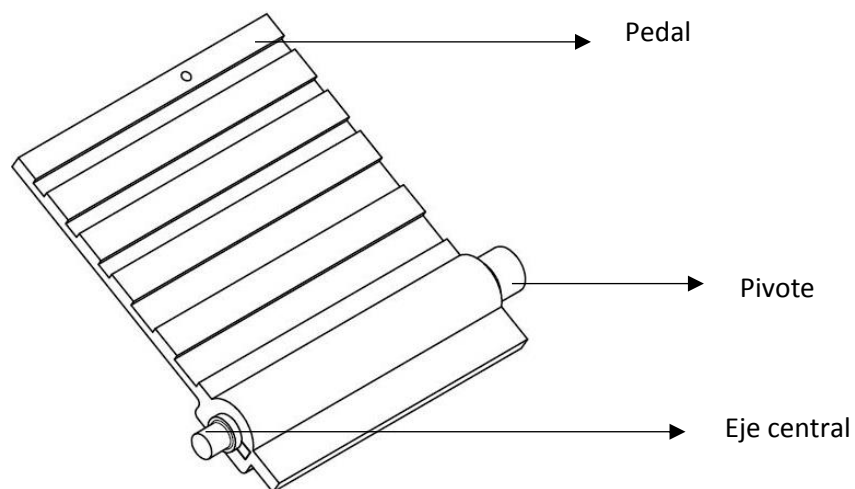


Figura 4. Pedal y Pivote

2. Mecanismo de activación

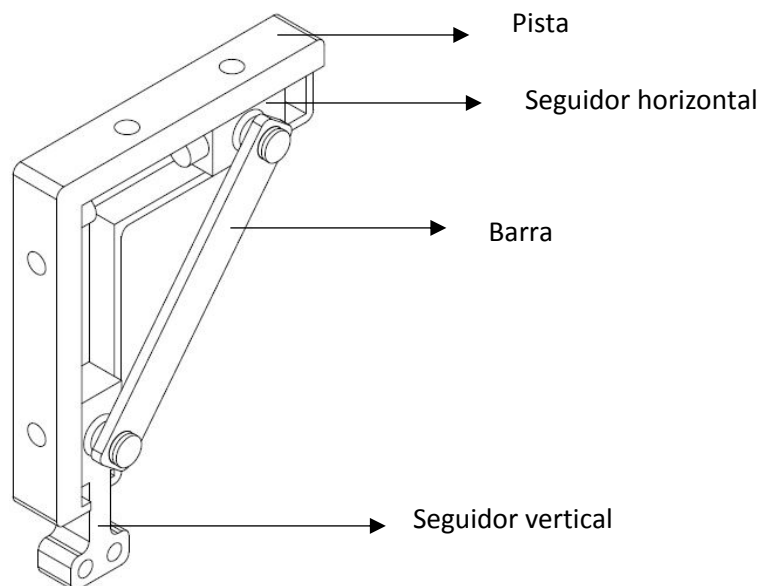


Figura 5. Mecanismo de activación

3. Mecanismo de bloqueo

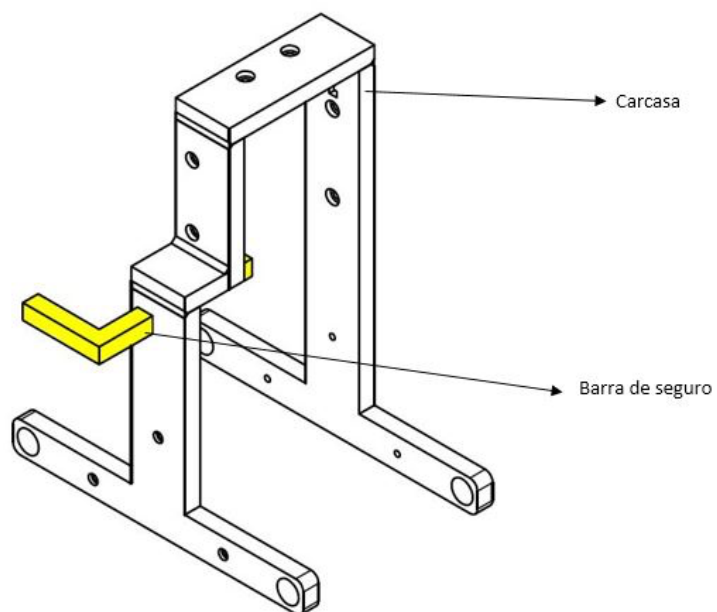


Figura 6. Mecanismo de bloqueo

4. Carcasa

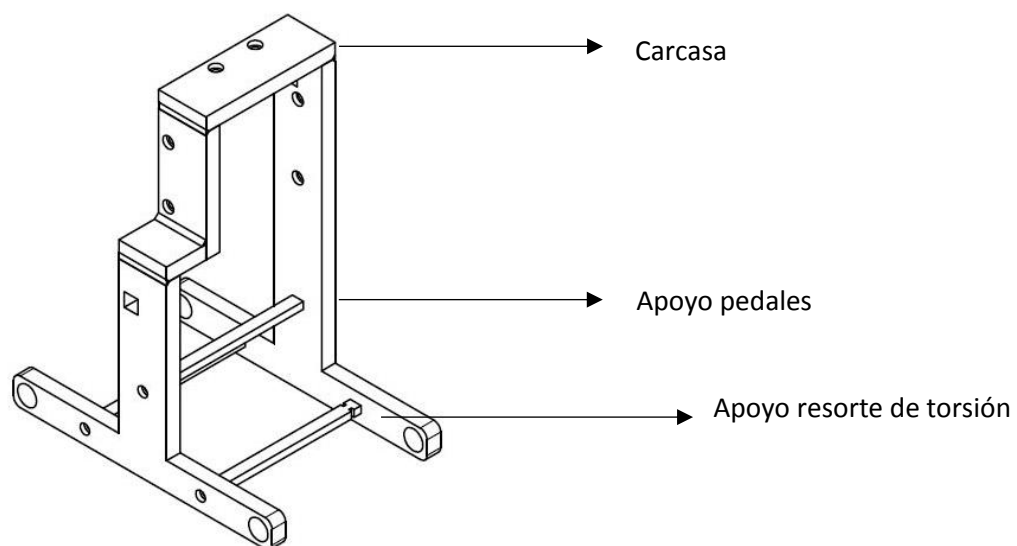


Figura 7. Carcasa

5. Cerrojo

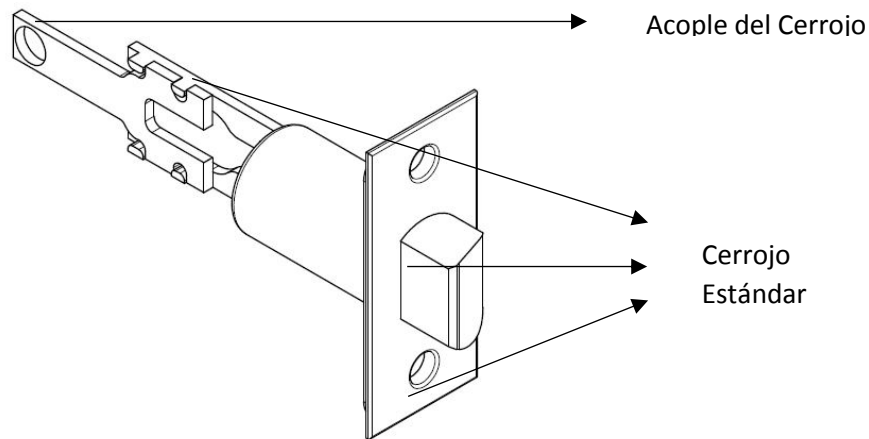


Figura 8. Cerrojo

2.1 Pedal y Pivote

Considerando que el pedal va a ser la parte que más interacción tiene con el usuario este debe ser lo más cómodo posible. Para ello se realizaron diferentes y varias mediciones como el ángulo de activación, fuerza a soportar y finalmente ángulo de posición inicial como se muestra en la figura 9.

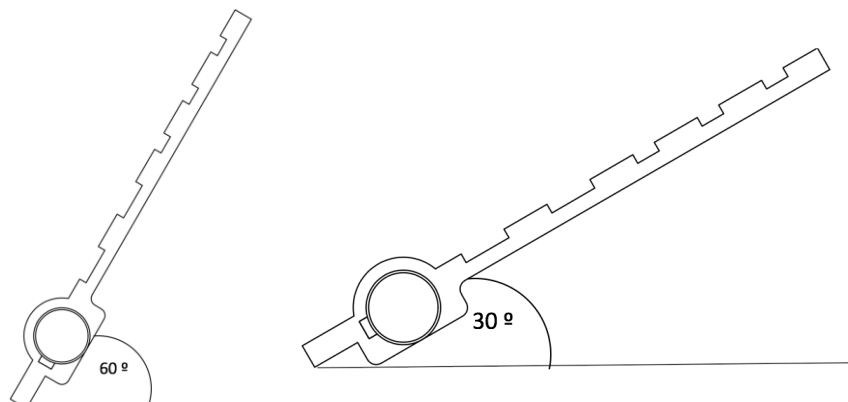


Figura 9. Posición inicial y final del pedal

Mediante el uso de un goniómetro se regulo la posición de una pieza de madera similar a la del pedal a diferentes ángulos y se preguntó a los posibles usuarios en cuál de ellos sintió mayor comodidad en su pie, el ángulo de posible posición final vario desde los 20 a 80 grados cambiando la inclinación 5 grados y preguntando constantemente a cada usuario en cuál de ellos sentía mayor comodidad. Tras realizar esta prueba a 30 posibles usuarios se llegó a la conclusión que el ángulo adecuado para apoyar el pie sin causar incomodidad alguna, es de 30° con respecto a la horizontal; siendo este el ángulo de posición final. Es decir, al ángulo al cual el mecanismo de activación ha movido completamente el cerrojo como se puede observar en la figura 9. En tanto que el ángulo de posición inicial se estableció por la ergonomía del pie, para que al posicionar el mismo en el pedal el movimiento sea natural y cómodo a la vez, así como también con este ángulo se garantiza una longitud de arco apropiada para mover el cerrojo.

El ángulo descrito anteriormente fue utilizado para medir la fuerza que una persona promedio puede ejercer con su pie. Para ello, se realizó una prueba a una muestra de 20 personas, en la cual se utilizó una balanza calibrada orientada a 30 grados con respecto a la horizontal como se ve en el esquema de la figura 10 y se pidió a cada persona del grupo de estudio, que aplique la mayor fuerza posible sobre la balanza. El resultado de esta prueba se lo puede visualizar en la Tabla 1.

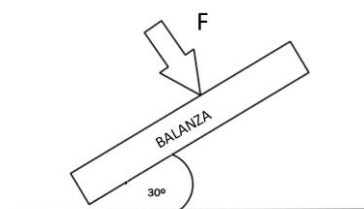


Figura 10. Fuerza aplicada sobre la balanza

Tabla 1. Resultados de la fuerza aplicada al pedal.

Persona	Medición en balanza [KG]	Fuerza [N]
1	33	323,73
2	33	323,73
3	35	343,35
4	60	588,6
5	35	343,35
6	29	284,49
7	54	529,74
8	48	470,88
9	48	470,88
10	68	667,08
11	39	382,59
12	37	362,97
13	54	529,74
14	59	578,79
15	34	333,54
16	48	470,88
17	22	215,82
18	44	431,64
19	35	343,35
20	62	608,22

Como se puede observar en la tabla precedente, la medición más alta que arrojó la balanza, fue la de una persona que aplicó 68Kg de fuerza; lo que indica que la fuerza aplicada en el pedal será de 667.08 N.

Para afianzar estas mediciones realizadas se recurrió a fuentes bibliográficas secundarias donde se encontró experimentos hechos por Ivanović & Dopsaj (2013) sobre la medición de la fuerza isométrica hecha a deportistas de elite en el cual obtuvieron un valor aproximado de 2367 [N]. Sin embargo, al saber que estas mediciones fueron realizadas en varias ocasiones a la misma persona y no siempre se llegaba a la misma fuerza, este dato puede ser sobreestimado y se

la puede considerar como un valor límite para este proyecto ya que los usuarios no van a dar su máxima fuerza al usar esta cerradura para activarla.

Para asegurar las dimensiones apropiadas de la cerradura y garantizar que esta calce en una puerta estándar, se realizó una simulación en el software Inventor para comprobar las envergaduras de cada pieza con la fuerza isométrica medida en personas promedio con un valor de 721 [N] (Paternoster, Seiberl, Hahn, & Schwirtz, 2016). Este valor no está muy lejos de la fuerza experimental medida para este proyecto de titulación mostrada en la tabla 1, con su pico máximo de 667,08 [N].

Con el objetivo de que el pedal satisfaga a todos los posibles usuarios, es necesario que las dimensiones del mismo sean apropiadas y adecuadas para todo tipo de calzado. Por ende, para la obtención de las dimensiones del pedal, se estudió un grupo de 20 personas; las mismas que fueron seleccionadas aleatoriamente. Dentro del grupo, estuvieron incluidos niños, jóvenes, adultos y adultos mayores de ambos géneros. Las mediciones realizadas se las clasificó de acuerdo a la estatura de la persona, la parte más ancha del calzado (Ancho) y la longitud (Largo) desde la punta hasta la parte media del zapato. Los resultados que arrojaron las mediciones se presentan en la Tabla 2 y para una mayor comprensión de las medidas tomadas, refiérase a la figura 11.

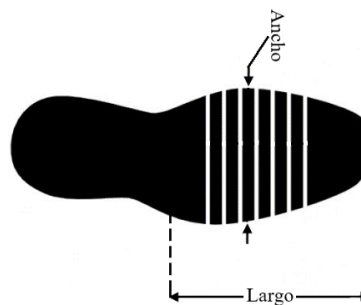


Figura 11. Esquemático de mediciones realizadas a varias personas. Elaborado por el autor.

Tabla 2. Ancho y largo del calzado en relación a la estatura del usuario

Estatura de usuarios [cm]	Ancho [cm]	Largo [cm]
163	10,5	12
166	11	15
176	10,5	15
167	10	10,5
174	10,5	11
168	10,5	11
170	9,5	10,5
161	9	11
160	10	10
165	10	14
155	8	13,5
158	10	12
153	10,5	15
123	8,5	11
130	9	10,5
148	9	12
107	8,9	12,5
155	10,5	13
169	11	10,5
158	9	9,5
Promedio	9,795	11,975

Como se puede observar de la Tabla 1, el promedio para el ancho del calzado es de 9.8 cm. En vista de esto, se ha decidido que el ancho apropiado para el pedal sea de 10 cm y el largo será de 12cm.

Así que el subensamble pedal y pivote está conformado por los siguientes componentes tal y como se muestra en el esquema de la figura 12. El mismo estará compuesto por un pedal, un eje central y dos apoyos en la parte externa del eje central que los llamaremos pivotes. Las

dimensiones de cada uno de ellos fueron obtenidas de manera iterativa hasta obtener un factor de seguridad aceptable, estas se presentan en los planos 01-2016, 02-2016 y 03.2016.

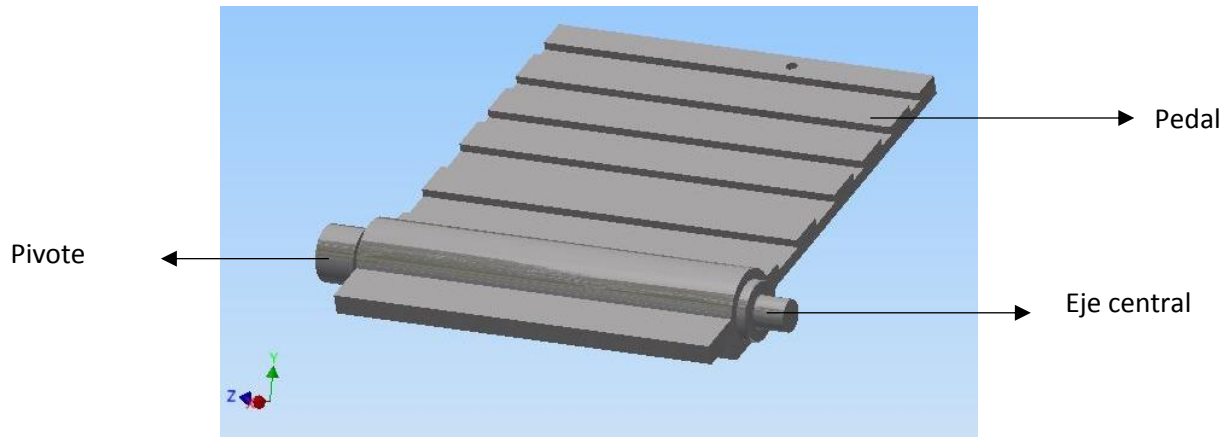


Figura 12. Ensamble Pedal y pivote en Autodesk Inventor

Al saber que la fuerza ejercida por el usuario será soportada principalmente por el eje que ayudará a la rotación del pedal, este ha tenido que ser diseñado para soportar la carga máxima aplicada por una persona promedio. Para ello se sabe que la fuerza máxima se da cuando el pedal está en la posición de activación de 30° , por lo tanto, se ha hecho un análisis estático en dicha posición, con las siguientes condiciones de borde: aceleración centrípeta de cero, velocidad cero y posiciones fijas en los pivotes. Adicionalmente, una fuerza distribuida a lo largo del pedal de 72.1 [N m] en dirección negativa al eje Y, en 10 [cm] del pedal desde la parte superior del mismo. Como se muestra en la siguiente figura 13. En este subensamble no fue posible la simulación dinámica debido a las limitaciones que presenta el software Autodesk Inventor, ya que no permite realizar el análisis FEA de un cuerpo en contacto con otro bajo la modalidad de choque. Para mayor referencia diríjase al manual del usuario de Inventor.

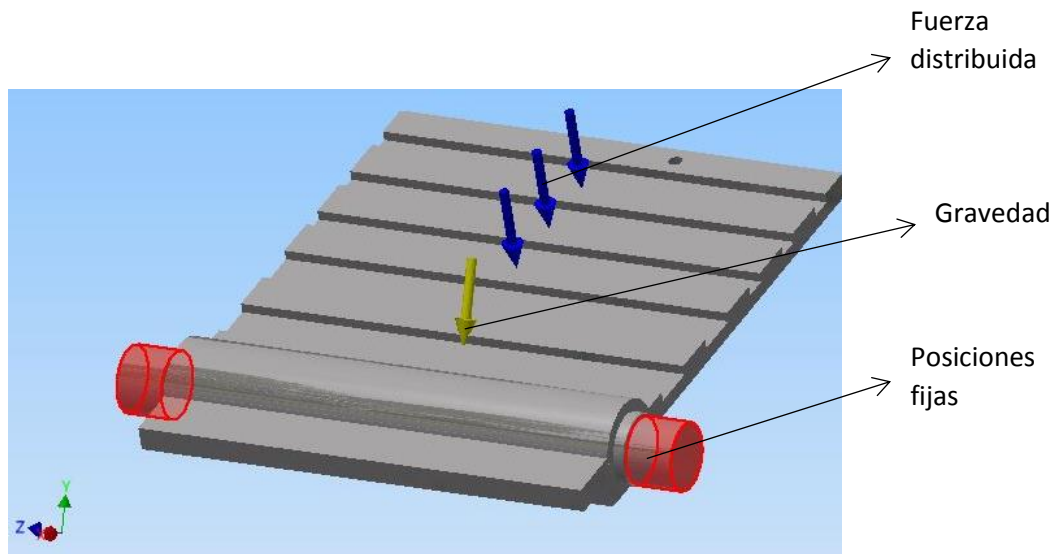


Figura 13. Condiciones para simulación estática

2.1.1 Eje central

Para la construcción del eje central se ha decidido usar el acero al carbono AISI 1018 exponiendo las propiedades mecánicas del mismo en la tabla 3. Se escogió este material para la construcción del eje ya que "este acero de bajo o medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria." (Sumitecr, 2016).

Tabla 3. Propiedades del Acero AISI 1018

Nombre	AISI 1018	
Composición Química	Carbono	0,15 – 0,2 %
	Manganeso	0,6 – 0,9 %
	Fósforo	0,04 % Max
	Azufre	0,05 % Max
General	Densidad de masa	7,87 g/cm ³
	Límite de elasticidad	370 MPa
	Resistencia máxima a tracción	440 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 Gpa
	Coefficiente de Poisson	0,4 su
	Dureza	126 HB

El eje central fue analizado bajo FEA en simulación estática con la fuerza de 721 [N] sobre el pedal, con elementos triangulares isoperimétricos con 3531 nodos y 1993 elementos, obteniendo los siguientes resultados: un factor de seguridad de 1.73, un esfuerzo máximo de 202,5 Mpa y un valor de desplazamiento máximo de 0,015 [mm]. Algunos resultados adicionales se presentan en la tabla 4 y también se presentan los resultados en las figuras 14, 15 y 16.

Tabla 4. Resumen de resultados del eje central

	Mínimo	Máximo
Volumen	12373,55 mm ³	
Masa	0,097 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000024 Mpa	202,506 Mpa
Desplazamiento	0 mm	0,01554 mm
Coefficiente de seguridad	15	1,73

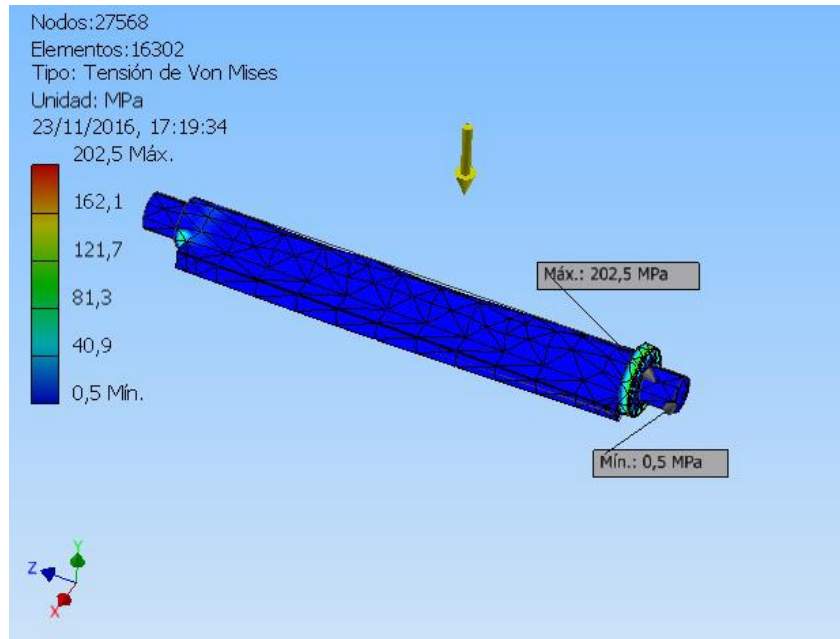


Figura 14. Esfuerzo de Von Mises en el eje central

Nota: En la tensión de Von Mises del eje central podemos observar que el mayor esfuerzo se presenta en el tope derecho de la figura, pues es aquí donde existe esfuerzos por el contacto entre el pedal y el eje central, pues esta porción de material evita el libre desplazamiento del pedal en el eje Z.

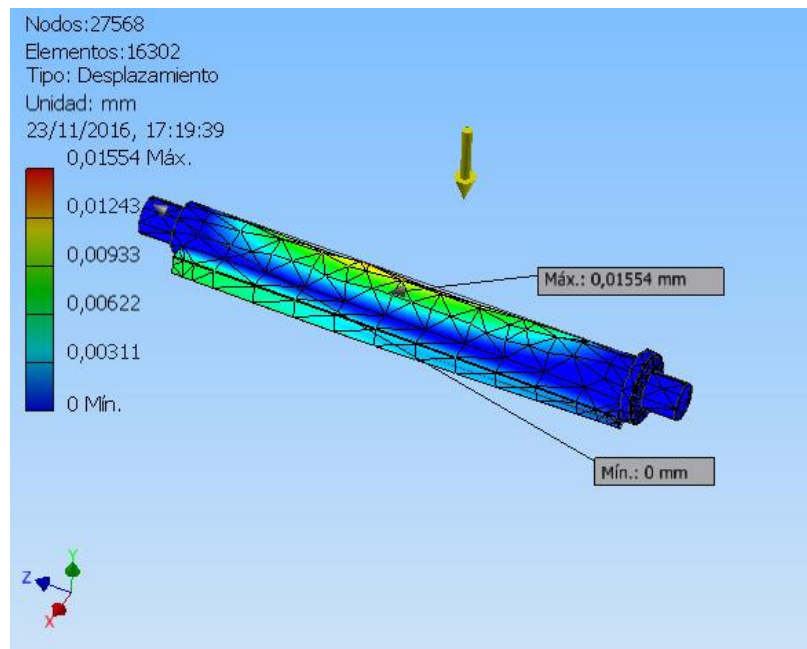


Figura 15. Desplazamientos en el eje central

Nota: El desplazamiento máximo en el eje central está localizado en la parte media del mismo, ya que este está sometido a esfuerzos de flexión ocasionados por la fuerza de 721 [N] aplicada en el pedal.

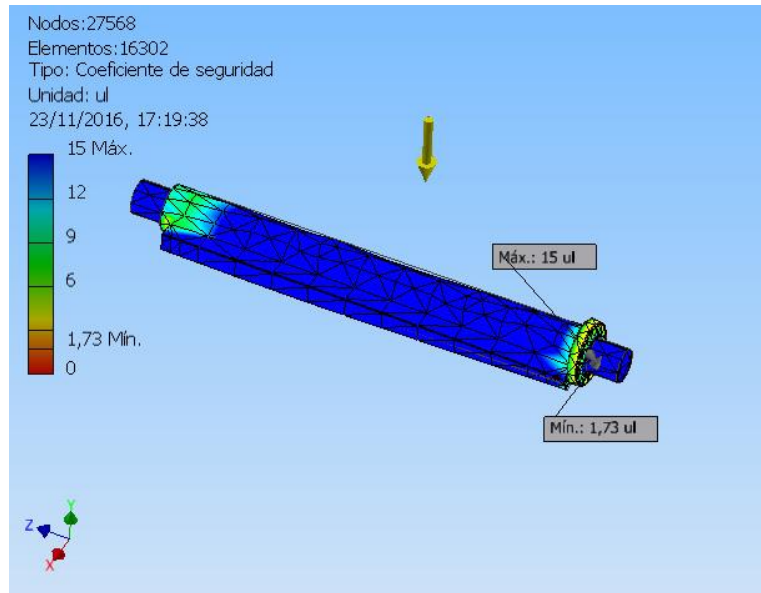


Figura 16. Factores de seguridad en el eje central

Nota: El mínimo factor de seguridad como es de esperarse está presente en donde los esfuerzos son máximos obteniendo un valor de 1,73 garantizando un funcionamiento apropiado del eje central.

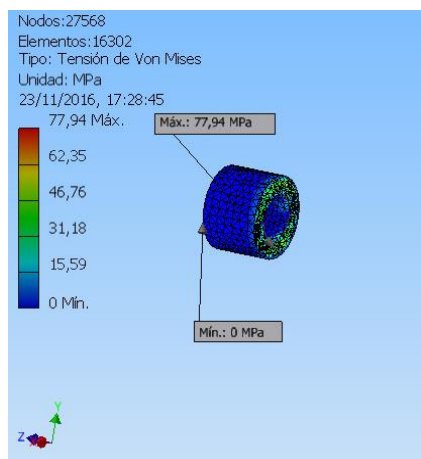
2.1.2 Pivotes

Para la elaboración de los pivotes se ha escogido el material AISI 1018 por su fácil maquinabilidad y su alta resistencia mecánica pues este es el elemento que soporta directamente la carga y la transmite a la carcasa. En este apartado se presenta el resultado de los dos pivotes debido a la asimetría del mecanismo. Presentando el derecho y el izquierdo ambos simulados con elementos triangulares isoparametricos con 4977 nodos y 2972 elementos respectivamente. Los resultados obtenidos en esta simulación se presentan en la tabla 5, para mayor comprensión de los valores presentados refiérase a la figura 17.

Tabla 5. Resumen de resultados de los pivotes

	Pivote Izquierdo		Pivote Derecho	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Volumen	1137,237 mm ³		1137,237 mm ³	
Masa	0,009 kg		0,009 kg	
Tensión de Von Mises	0 Mpa	77,94 Mpa	0 Mpa	156,9 Mpa
Desplazamiento	0 mm	6,54 E-4 mm	0 mm	7,79 E -4 mm
Coefficiente de seguridad	15	4,49	15	2,23

Pivote Izquierdo



Pivote Derecho

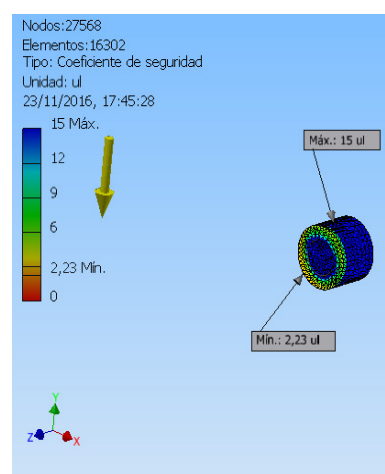
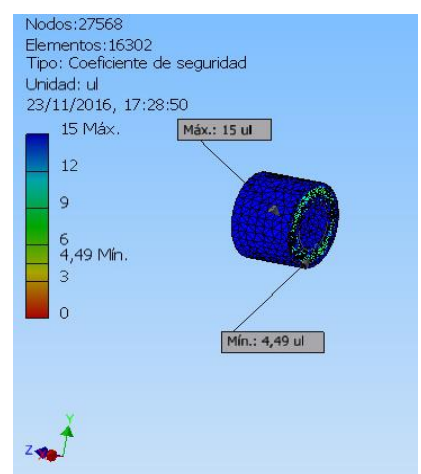
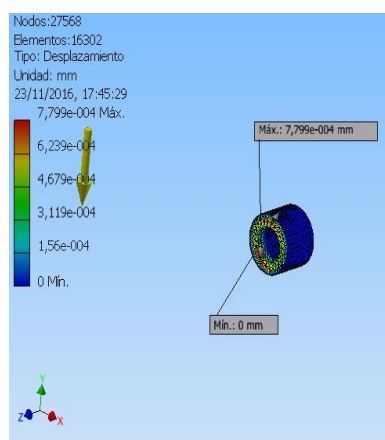
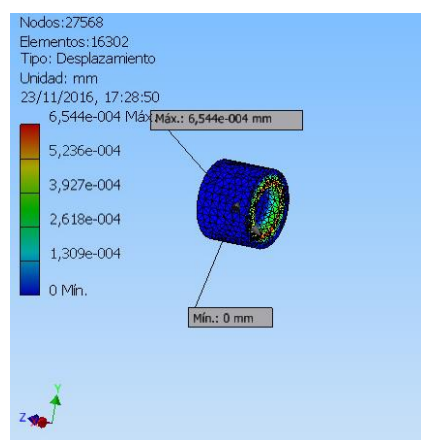
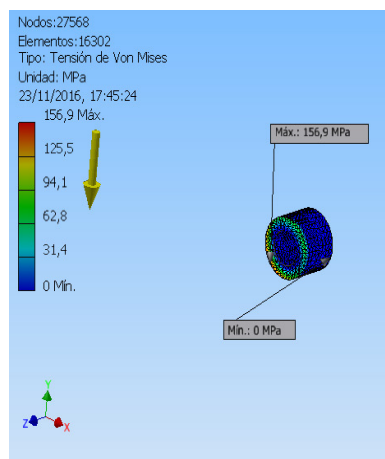


Figura 17. Esfuerzo de Von Mises, desplazamiento y Factores de seguridad para los pivotes

Nota: Debido a la gran simetría que existe en el mecanismo pedal pivote, se puede observar que tanto para el pivote izquierdo como para el derecho la mayor concentración de esfuerzos y mayor desplazamiento se presenta en la cara que tiene contacto con el eje central. Dichos resultados son

causados ya que el eje central tiende a generar un momento que trata de flexionar al pivote, mientras que las caras externas son fijas y no permiten desplazamiento alguno. Ocasionando una gran concentración de esfuerzos en la cara interna de los pivotes pudiendo provocar una falla por aplastamiento. Sin embargo, se garantiza este elemento libre de falla alguna debido a la obtención de factores de seguridad elevados en los puntos críticos.

2.1.3 Pedal

Finalmente, la última pieza de este subensamble es el pedal que se ha decidido fabricar en el acero AISI 1045 con las propiedades mostradas en la tabla 6.

Tabla 6. Propiedades del Acero

Nombre	Acero, carbono AISI 1045	
Composición Química	Carbón	0,43 – 0,5 %
	Manganeso	0,6 – 0,9 %
	Fósforo	0,04 % Max
	Azufre	0,05 % Max
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 Gpa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	77,5194 GPa

Para el análisis FEA se usó elementos triangulares isoperimétricos con 6126 nodos y 3271 elementos, obteniendo un factor de seguridad de 1,8 con un esfuerzo principal de 194,4 Mpa y el desplazamiento mayor de 1,14 [mm]. Para mayor referencia guise por la tabla 7 y por las figuras 18, 19 y 20.

Tabla 7. Resultados de los pedales

	Mínimo	Máximo
Volumen	69805,9 mm ³	
Masa	0,55 kg	
Tensión de Von Mises	0,1 Mpa	194,4 Mpa
Desplazamiento	0,001 mm	1,139 mm
Coefficiente de seguridad	15	1,8

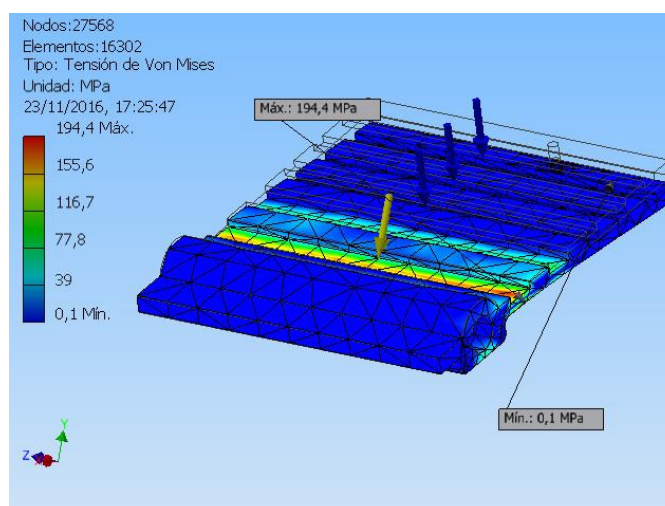


Figura 18. Esfuerzo de Von Mises en el pedal

Nota: La tensión de Von Mises es máxima cerca del chavetero y del punto de sujeción ya que la fuerza aplicada por un usuario causaría una flexión, asimilando este comportamiento al de una biga en voladizo, más un concentrador de esfuerzo por la presencia del chavetero.

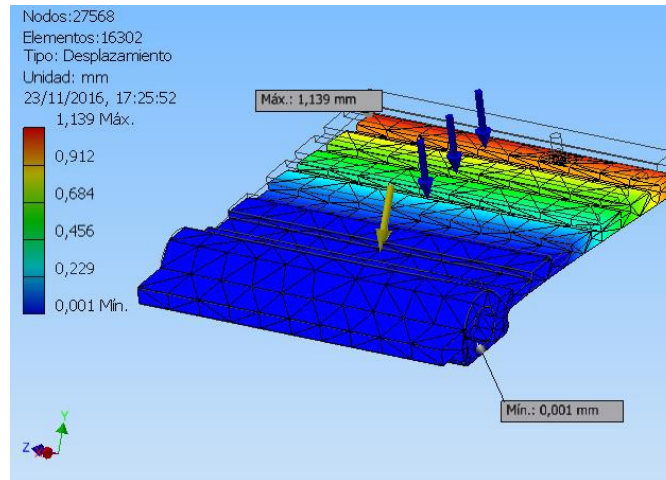


Figura 19. Desplazamientos en el pedal

Nota: El máximo desplazamiento ocurre en la parte superior del pedal, debido a que este es el punto más alejado del lugar de sujeción del pedal. Este desplazamiento estará a su vez controlado por una pieza que impida el movimiento más allá del requerido.

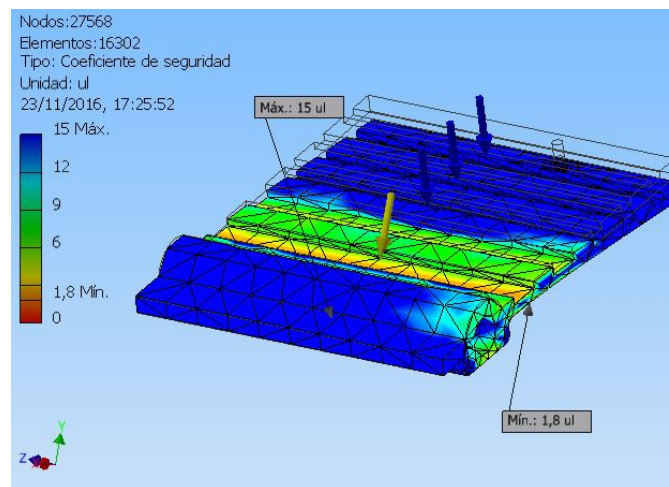


Figura 20. Factores de seguridad en el eje pedal

Nota: El mínimo factor de seguridad ocurre donde el esfuerzo máximo. Este está cerca o muy próximo a los concentradores de esfuerzo detallados anteriormente.

2.2 Mecanismo de activación

El mecanismo de activación es el subensamble que permite accionar el cerrojo estándar para bloquear o desbloquear la libre rotación de la puerta. Este mecanismo es aquel que se encarga de transmitir y transformar la dirección de la fuerza para mantener cerrada la puerta. El mismo se encarga de mantener bloqueado el desplazamiento de los pedales cuando alguien se encuentre dentro del espacio ocupado, evitando así el accionar del cerrojo. Para el proceso de selección del mecanismo más adecuado que garantice el correcto funcionamiento de la cerradura se ha propuesto tres opciones:

1. Mecanismo de dos seguidores: A pesar de ser un mecanismo difícil de manufacturar posee muchos beneficios que aportan al buen desempeño y eficiencia de la cerradura tales como: elimina las posibles vibraciones ocasionadas por el movimiento, usa energía mecánica, garantiza altos niveles de confiabilidad, reduce la probabilidad de inmovilizar el mecanismo y transmite el movimiento vertical a horizontal.
2. Engrane cremallera accionado por un servomotor: Este tipo de activación fue pensado por su fácil activación, instalación, precio, disponibilidad de componentes y fácil caracterización en lenguaje de programación, sin embargo, su limitante principal es la fuente de energía eléctrica
3. Poleas y resortes: La ventaja de este mecanismo es la gran disponibilidad de piezas en el mercado, así como también su fácil instalación y manufactura. No obstante, la mayor debilidad de este mecanismo son las posibles vibraciones en los resortes y las cuerdas al momento de accionar el mecanismo, así como también la falta de firmeza.

Debido a los beneficios descritos en la primera propuesta, se ha optado por el mecanismo de dos seguidores. El mismo que está compuesto por una barra, una pista, un resorte, un seguidor horizontal y un seguidor vertical tal como se muestra en el esquema de la figura 5. Para garantizar el buen funcionamiento de cada uno de los componentes de este subensamble, se llevó a cabo un proceso iterativo que arrojó las dimensiones adecuadas de cada uno de ellos.

El material utilizado para la barra y los seguidores fue seleccionado por su alta resistencia mecánica, por su estabilidad dimensional, por su manufacturabilidad, por su bajo costo y por su alta disponibilidad en el mercado ecuatoriano. Por ello, el material seleccionado para la construcción y simulación de estas piezas fue el acero al carbono AISI 1045 con la composición y propiedades mecánicas presentadas en la tabla 6.

Por otro lado, el material escogido para la pista fue el Aluminio 6061 con las siguientes propiedades químicas y mecánicas presentadas en la tabla 8. El material se escogió por su bajo costo, por su alta disponibilidad en el mercado y por qué en contacto con el acero 1045 el coeficiente de fricción es el más bajo que se ha podido encontrar, facilitando así el deslizamiento de los seguidores de acero en las paredes de la pista. Para evitar la fuerza de rozamiento se pensó colocar rodillos o rodamientos en las caras en contacto con la pista, sin embargo, al constatar la complicada manufacturabilidad de los mismo se desistió de esta idea porque sus dimensiones iban a ser pequeñas y con un alto costo de producción.

Tabla 8. Propiedades del Aluminio

Nombre	Aluminio 6061	
Composición Química	Silicio	0,4 – 0,8 %
	Hierro	0 – 0,7 %
	Cobre	0,15- 0.4 %
	Manganeso	0 – 0,15 %
	Magnesio	0,8 – 1,2 %
	Cromo	0,04 – 0,35 %
	Zinc	0 – 0,25 %
	Titanio	0 – 0,15 %
	Otros	0 – 0,15 %
	Aluminio	Resto
General	Densidad de masa	2,7 g/cm ³
	Límite de elasticidad	62 MPa
	Resistencia máxima a tracción	55 Mpa
Tensión	Módulo de Young	68,9 Gpa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	45818,500 Gpa

El análisis dinámico efectuado en el mecanismo de activación en el software Autodesk

Inventor Professional se realizó bajo las siguientes condiciones:

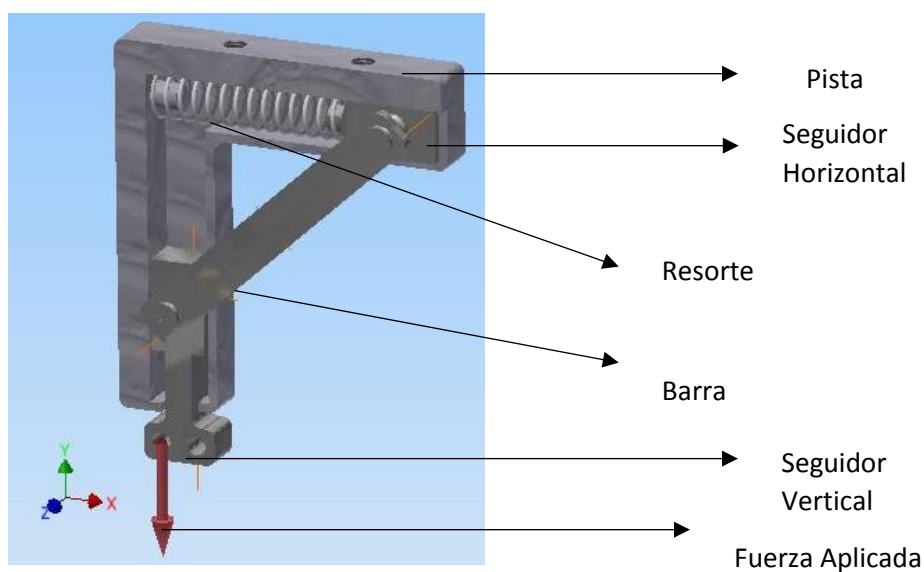


Figura 21. Condiciones para simulación dinámica del mecanismo de activación

Nota : La fuerza se posiciona en la parte izquierda emulando la activación por la parte externa de la puerta, no cabe simular en la parte derecha ya que el resultado es el mismo por la simetría de la cerradura.

Una fuerza puntual aplicada en el seguidor vertical con un valor de 721 [N] que en el tiempo $t=0$ seg la misma es 0 [N] y en $t=0,5$ seg la fuerza es 721 [N] y regresa a 0 [N] en $t= 1$ seg, como se muestra en la figura 21. Dicho intervalo de tiempo fue escogido para facilitar la duración de la simulación y porque una persona promedio se demora casi un segundo en alcanzar su fuerza máxima. La relación de tramo lineal definido en el Capítulo 1 entre Fuerza y Tiempo fue escogida debido a que la fuerza aplicada por una persona es progresiva con el tiempo.

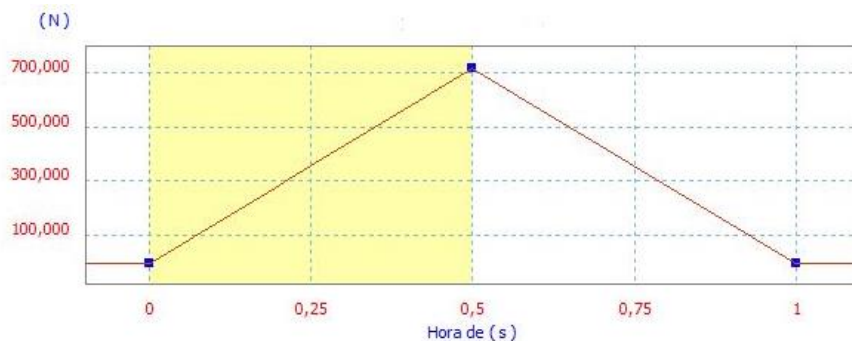


Figura 22. Fuerza vs Tiempo de fuerza aplicada sobre el mecanismo

Se consideró un resorte helicoidal con las especificaciones mostradas en la figura 23 obtenida del software Autodesk Inventor.

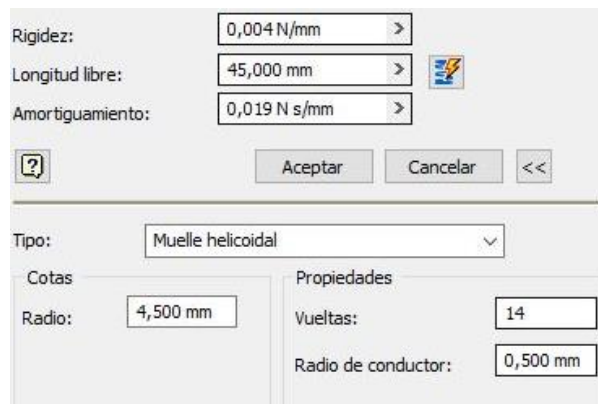


Figura 23. Propiedades mecánicas del resorte del mecanismo de activación

Donde los valores de las propiedades mecánicas del resorte fueron obtenidos de un resorte disponible en el mercado ecuatoriano. Se consideró que el resorte solamente tiene deformación en el eje X y no se deforma en ningún otro eje. Así mismo se consideró la fuerza de fricción entre el material de los seguidores y de la pista con un valor de 0,47 como indica Serway (2006). También, se consideró la fuerza de la gravedad de color amarillo mostrada en la figura 24 que actúa sobre el mecanismo en dirección negativa al eje y con un valor de $9,81 \text{ m/seg}^2$.

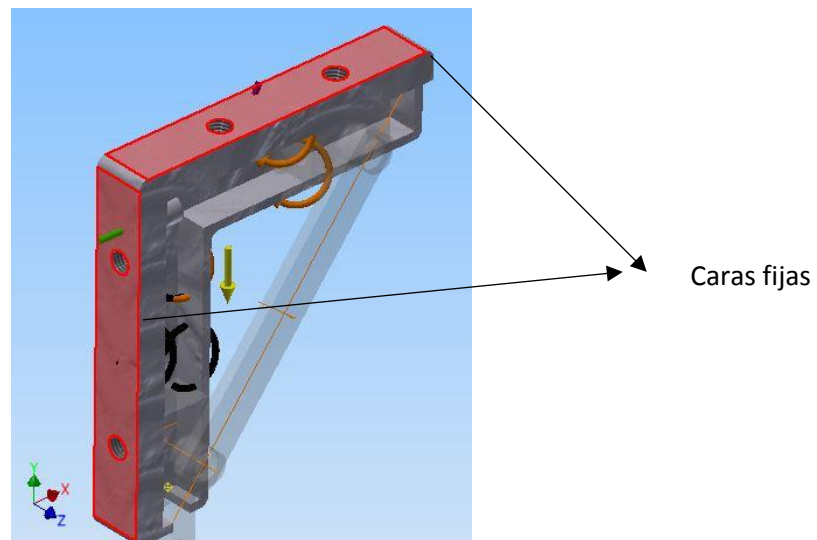


Figura 24. Caras fijas de la pista

Bajo estas condiciones se realizó un análisis dinámico en este seguidor, con el cual se encontró que el elemento más crítico es la pista cuyas dimensiones se presentan en el plano 05-2016. Las condiciones de borde utilizadas para la simulación dinámica fueron: Dos caras fijas como se observa en la figura 24, velocidad de la pista igual a cero con una aceleración lineal de cero.

2.2.1 Pista

Para el análisis de esfuerzos se realizó un análisis dinámico de donde se escogió el punto crítico a $t=0,5 \text{ seg}$, donde la fuerza soportada por el mecanismo es máxima. En este punto se realizó un

análisis estático dando como resultado las siguientes cargas y momentos que soporta la pista, mostrando las magnitudes y lugares de actuación en la tabla 9 y figura 25. Guíese por los colores seleccionados para cada fuerza y momento. Cabe recalcar que las fuerzas y momento se obtuvieron gracias al análisis dinámico, los mismo que posteriormente se aplicaron al análisis estático para simular la pieza en FEA.

Tabla 9. Magnitud de cargas y momentos soportados por la pista

Nombre de la fuerza y Momento	Magnitud en el eje X	Magnitud en el eje Y	Magnitud en el eje Z
F1 (Color Verde)	168,793 [N]	0 [N]	0 [N]
F2 (Color Rojo)	419,737 [N]	-187,733 [N]	0 [N]
F3 (Color Morado)	-250,94 [N]	-533,92 [N]	0 [N]
M1 (Color negro)	-1513,216 [N mm]	6296,051 [N mm]	30141,017 [N mm]
M2 (Color Naranja)	8006,763 [N mm]	-5452,062 [N mm]	-11883,086 [N mm]

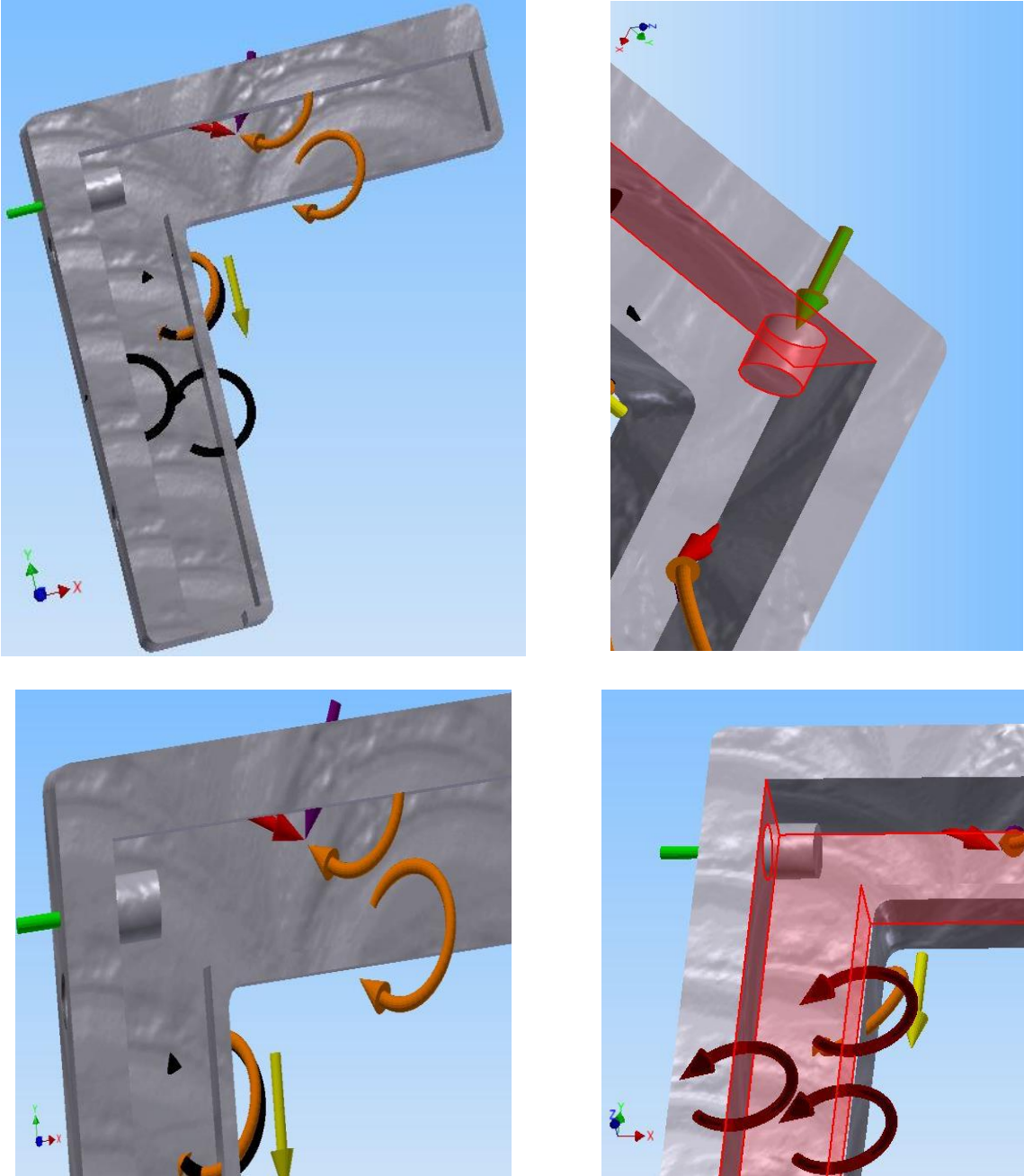


Figura 25. Magnitud de cargas y momentos soportados por la pista

Una vez realizado el análisis de esfuerzos en esta pieza crítica se ha obtenido los resultados presentados en la Tabla 10. Para el análisis de elementos finitos se ha usado elementos

triangulares isoparamétricos con una mallado de 2713 nodos y 1392 elementos con un ángulo máximo de giro de 60 grados.

Tabla 10. Resumen de resultados de la pista

	Mínimo	Máximo
Volumen	17589,319 mm ³	
Masa	0,047 kg	
Tensión de Von Mises	0,0360155 Mpa	34,1769 Mpa
Desplazamiento	0 mm	0,052578mm
Coefficiente de seguridad	15	1,609

Como se puede observar en la figura 26, la máxima deformación presente en la pista es de 0.052578 [mm] con un esfuerzo máximo de 34,17 Mpa presentado en la figura 27, que, comparado con el límite de elasticidad del material, se obtiene un coeficiente de seguridad de 1.61 que se expone en la figura 28. Para ayudar a la comprensión de los resultados refiérase a las figuras antes mencionadas y guíese por la barra de colores posicionada en su parte izquierda. Para observar los puntos críticos de cada simulación.

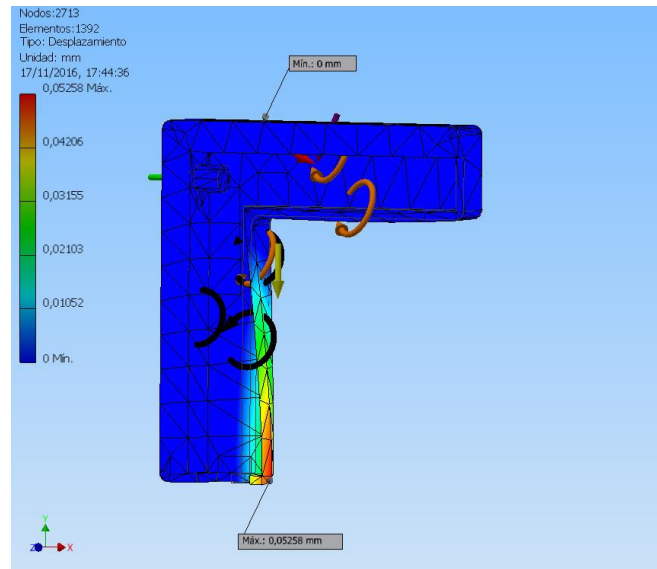


Figura 26. Resultados de desplazamiento en la pista.

Nota: El mayor desplazamiento se presenta en la parte derecha de la pista, debido a que en este lugar no existen apoyos fijos que la soporten.

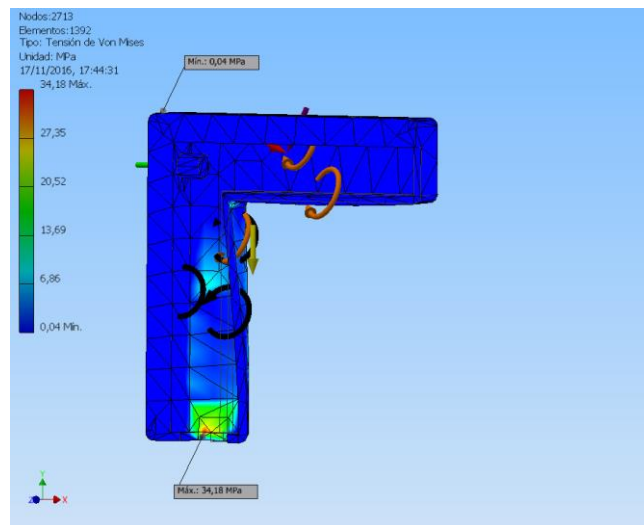


Figura 27. Resultados de tensión de Von Mises para la pista.

Nota: El esfuerzo es máximo en la parte inferior de pista, debido a que es el punto que está en contacto con el seguidor vertical y es justamente en este, que se aplica la fuerza de 721 [N].

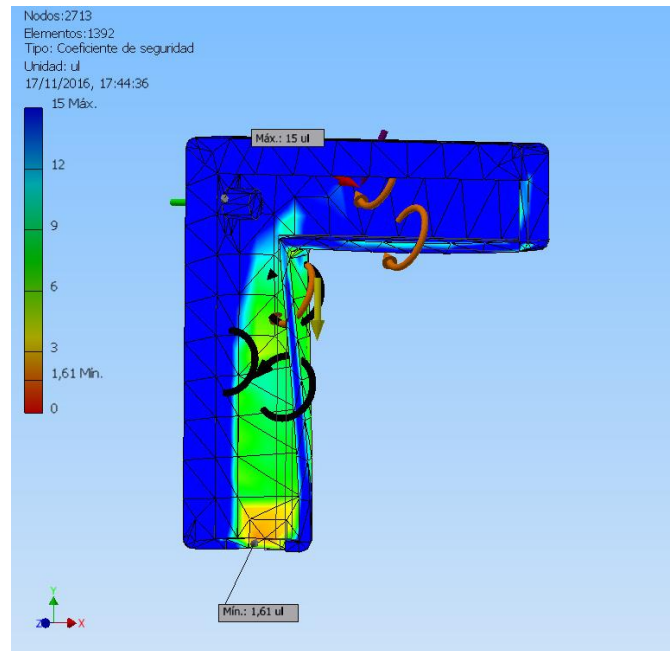


Figura 28. Resultados de coeficiente de seguridad de la pista.

Nota: En concordancia con lo descrito anteriormente, el mínimo valor para el coeficiente de seguridad se presenta en donde hay una mayor concentración de esfuerzos. Cabe recalcar que el valor obtenido es adecuado para garantizar que la pista no presente falla alguna.

2.2.2 Barra

De acuerdo al análisis de la barra, esta es la que tiene el segundo factor de seguridad más alto con las dimensiones presentadas en el plano 08-2016. El material utilizado para la barra es el acero al carbono AISI 1045. El análisis se efectuó en el pico de máximo de fuerza soportada por el mecanismo a $t= 0,5$ seg obteniendo las siguientes reacciones mostradas en la tabla 11 y figura 29.

Tabla 11. Magnitud de cargas y momentos soportados por la barra

Nombre de la fuerza y momento	Magnitud en el eje X	Magnitud en el eje Y	Magnitud en el eje Z
F1 (Color morado)	421,724 [N]	538,409 [N]	0 [N]
F2 (Color verde)	-421,723 [N]	-538,278 [N]	0 [N]
M1 (Color negro)	0,164 [N mm]	-0,002 [N mm]	0 [N mm]

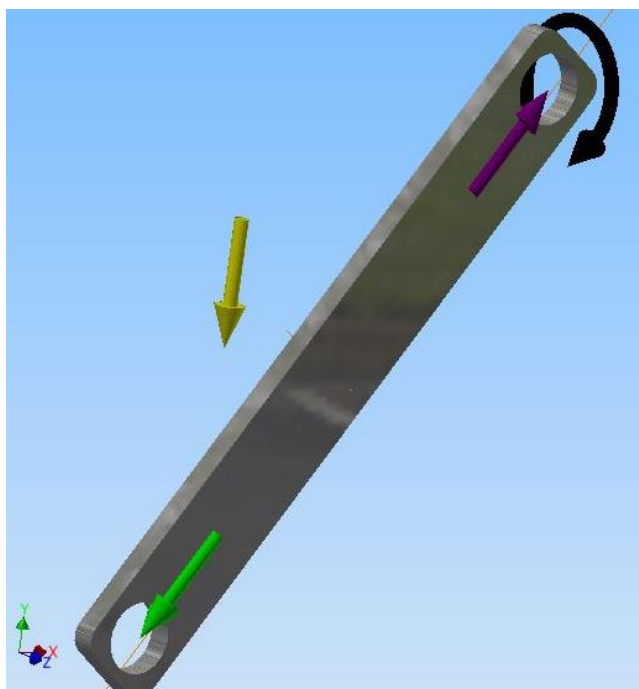


Figura 29. Magnitud de cargas y momentos soportados por la pista

Tras exportar las fuerzas dinámicas soportadas por la barra al análisis estático, se procedió a usar el método de análisis finitos usando elementos triangulares isoparamétricos con 665 nodos y 270 elementos obteniendo los siguientes resultados presentados en la tabla 12 y discutidos en la figura 30, 31 y 32.

Tabla 12. Resumen de resultados de la barra

	Mínimo	Máximo
Volumen	1686,493 mm ³	
Masa	0,013 kg	
Tensión de Von Mises	9,74723 Mpa	208,849 Mpa
Desplazamiento	0,00683 mm	0,011264 mm
Coefficiente de seguridad	15	1,6279

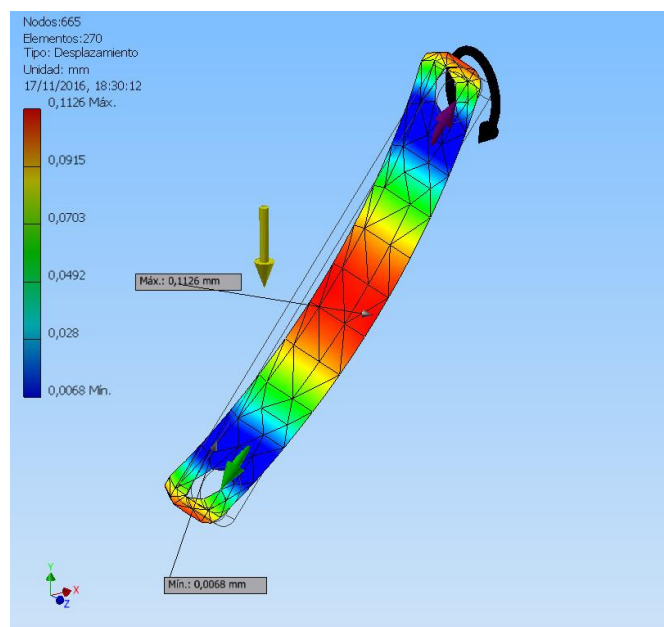


Figura 30. Resultados de desplazamiento en la barra.

Nota: Por los momentos causados por los seguidores en la barra, está en flexión. Mostrando el punto máximo de desplazamiento en la parte media.

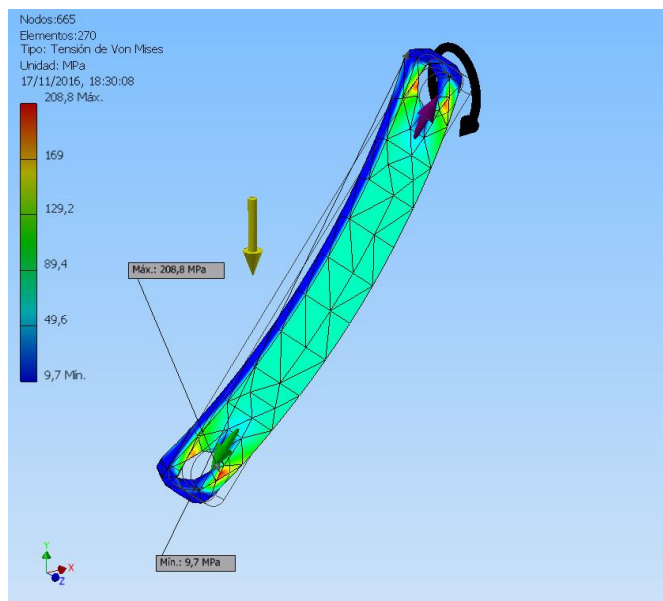


Figura 31. Resultados de tensión de Von Mises en la barra

Nota: El esfuerzo máximo presente en la barra, se encuentra en la cara frontal. Pues la fuerzas que la barra soporta, la quieren expulsar fuera del mecanismo. Soportando fuerzas de flexión y tracción.

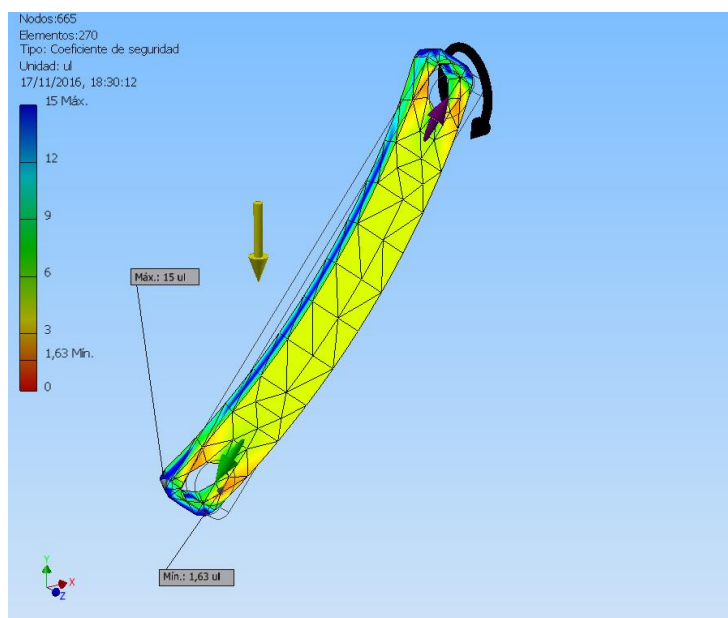


Figura 32. Resultados de coeficiente de seguridad en la barra.

Nota: El coeficiente de seguridad es mínimo en la parte inferior de la barra, debido a que es ahí, en donde se sitúa el seguidor vertical y a su vez, este soporta la fuerza máxima.

2.2.3 Seguidor Vertical

El siguiente elemento a analizar en el mecanismo de activación es el seguidor vertical, el elemento que soporta directamente la carga transmitida por el pedal cuando el usuario lo acciona. Para este elemento se ha realizado la simulación dinámica obteniendo los valores máximos de fuerza soportado por el mismo en $t=0,5$ seg como se muestra a continuación en la tabla 13 y figura 33.

Tabla 13. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor vertical

Nombre de la fuerza y momento	Magnitud en el eje X	Magnitud en el eje Y	Magnitud en el eje Z
F1(Color azul)	-419,737 [N]	187,733 [N]	0 [N]
F2 (Color naranja)	419,737 [N]	533,591 [N]	0 [N]
F3 (Color rojo)	0 [N]	-721 [N]	0 [N]
M1(Color negro)	1513,216 [N mm]	-6296,051 [N mm]	-6732,529 [N mm]
M2 (Color verde)	-8003,872 [N mm]	6296,052 [N mm]	0 [N mm]

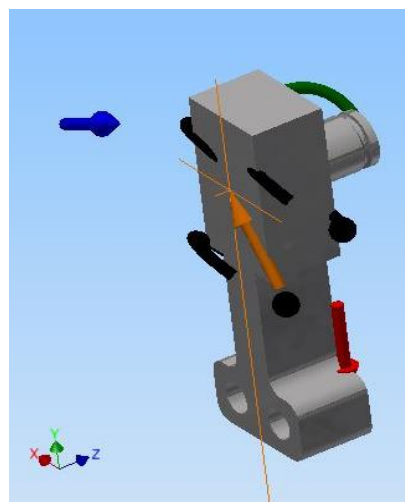
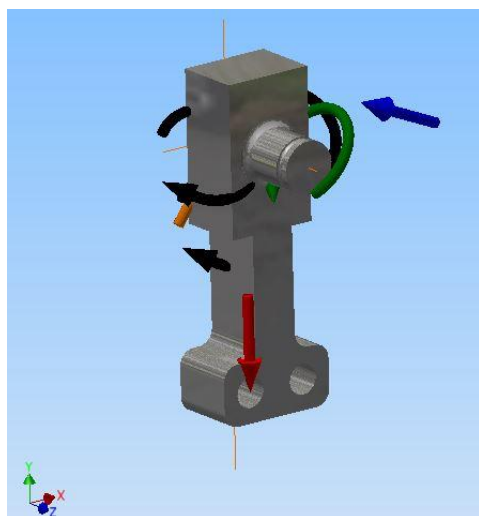


Figura 33. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor vertical

Tras exportar las fuerzas y momentos de la simulación dinámica a la estática, se procedió a realizar el análisis de elementos finitos con 4251 nodos y 2549 elementos. Obteniendo los siguientes valores presentados en la tabla 14 los mismo que se afianzan con las figuras 34, 35 y 36 de dicha simulación:

Tabla 14. Resumen de resultados del seguidor horizontal

	Mínimo	Máximo
Volumen	4239,138 mm ³	
Masa	0,033 kg	
Tensión de Von Mises	0,318845 Mpa	175,253 Mpa
Desplazamiento	0,000542715 mm	0,0017579 mm
Coefficiente de seguridad	15	1,94

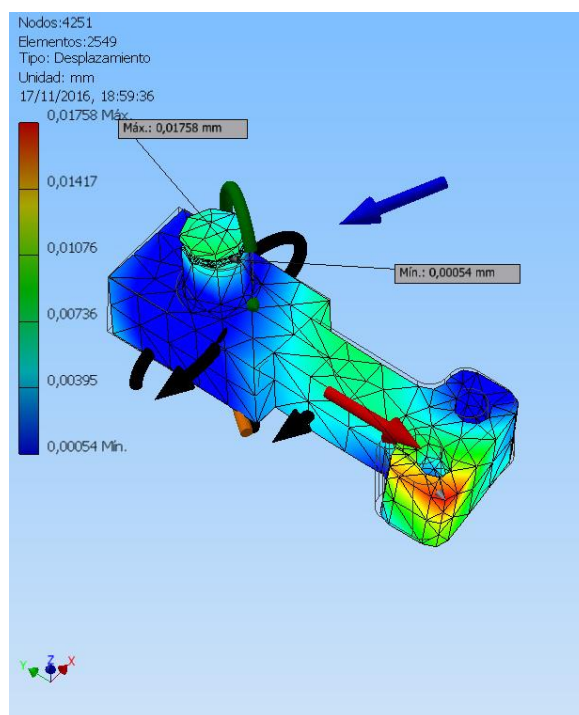


Figura 34. Resultados de desplazamiento en el seguidor vertical.

Nota: El máximo desplazamiento se presenta en el punto de sujeción del elemento que transmite la fuerza del pedal hacia el seguidor. Este desplazamiento máximo, se va intercalando con el agujero derecho, dependiendo del pedal que se accione.

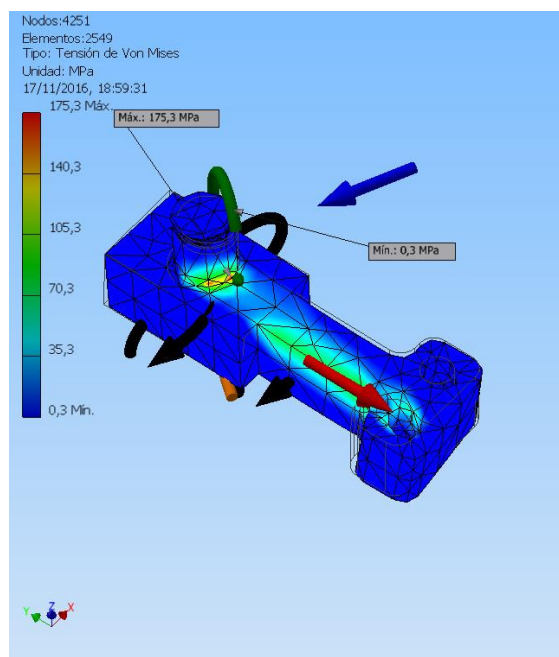


Figura 35. Resultados de tensión de Von Mises para el seguidor vertical.

Nota: El esfuerzo de Von Mises máximo se presenta en el radio de acuerdo existente entre la cara plana y la extracción saliente en el eje Z. Puesto que aquí es donde se conecta la barra.

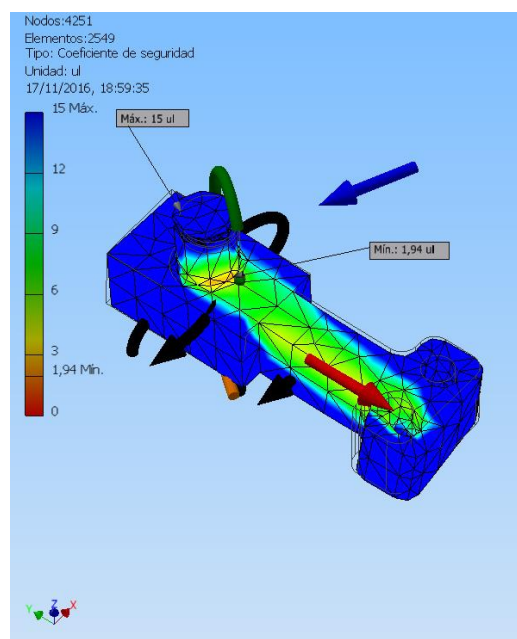


Figura 36. Resultados de coeficiente de seguridad del seguidor vertical.

Nota: El mínimo coeficiente de seguridad se presenta en el radio de acuerdo debido a que este es un concentrador de esfuerzos.

2.2.4 Seguidor Horizontal

El último elemento a analizar en este subensamble es el seguidor horizontal, mismo que cuenta con las propiedades mecánica y químicas presentadas en la tabla 6 y las dimensiones mostradas en el plano 06-2016. En este elemento la simulación dinámica realizada arrojó las siguientes cargas expuestas en la tabla 15 complementado con la gama de colores de la figura 37.

Tabla 15. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor horizontal

Nombre de la fuerza y momento	Magnitud en el eje X	Magnitud en el eje Y	Magnitud en el eje Z
F1 (Color azul)	252,260 [N]	538,610 [N]	0 [N]
F2 (Color verde)	-421,724 [N]	-538,409 [N]	0 [N]
F3 (Color rojo)	-169,469 [N]	0 [N]	0 [N]
M1 (Color negro)	-8077, 08 [N mm]	5478,544 [N mm]	882,774 [N mm]
M2 (Color Naranja)	-0,164 [N mm]	0,002 [N mm]	0 [N mm]

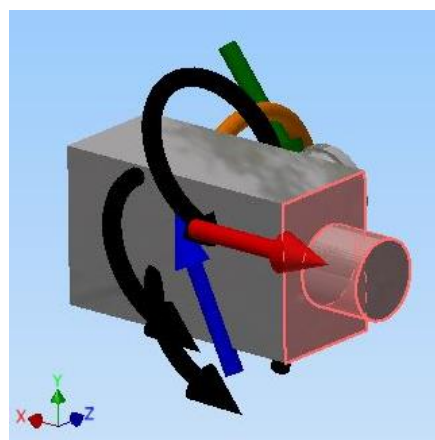
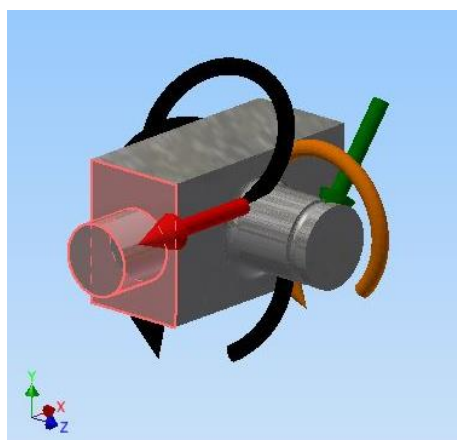


Figura 37. Magnitud de cargas y momentos soportados por el seguidor horizontal

Tras el análisis de fuerza máxima presente en el seguidor horizontal a $t= 0,5$ seg se ha realizado el análisis de elemento finitos con 4079 nodos y 2528 elementos obteniendo los valores de la tabla 16.

Tabla 16. Resumen de resultados del seguidor horizontal

	Mínimo	Máximo
Volumen	2606,156 mm ³	
Masa	0,021 kg	
Tensión de Von Mises	0,311107 Mpa	151,308 Mpa
Desplazamiento	0,000204806 mm	0,00371403 mm
Coefficiente de seguridad	15	2,24

Como se puede observar en la figura 38, la máxima deformación que presenta el seguidor horizontal es de 0.00371403 [mm] y posee un esfuerzo máximo de 151,308 Mpa mismo que se observa en la figura 39. Dicho esfuerzo comparado con el límite de elasticidad del material utilizado el acero AISI 1045, provoca un coeficiente de seguridad de 2.24 que se expone en la figura 40. Para mayor aprehensión de los valores obtenidos en esta simulación guíese por la barra de colores mostrada en cada una de las figuras antes mencionadas.

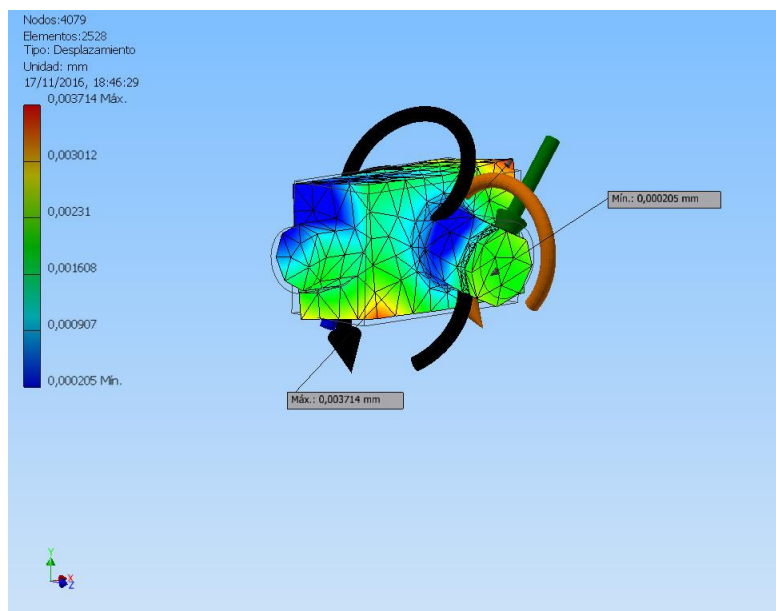


Figura 38. Resultados de desplazamiento en el seguidor horizontal

Nota: El máximo desplazamiento presente en este seguidor se da en la esquina superior derecha, ya que por los momentos y fuerzas ocasionados por la barra; esta esquina tiende a salirse de la pista.

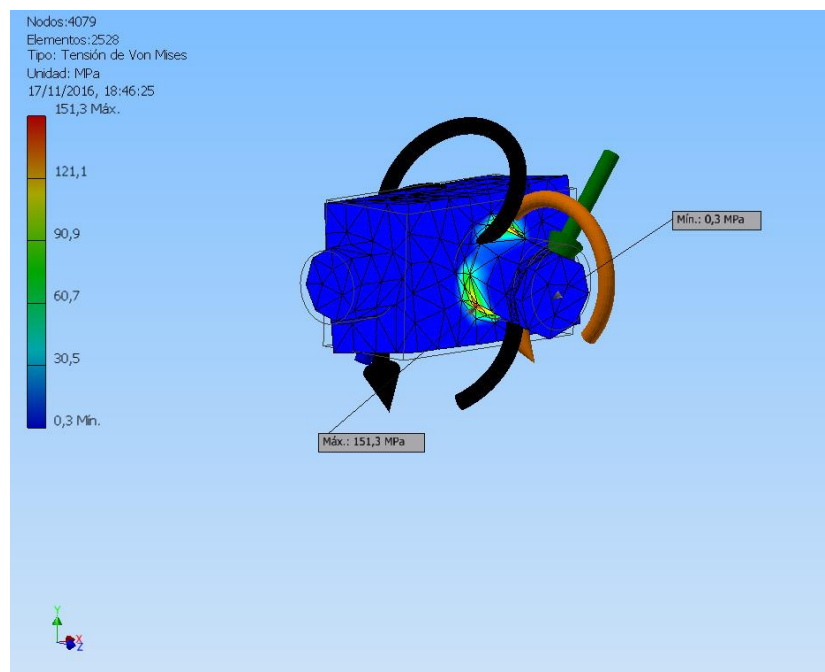


Figura 39. Resultados de tensión de Von Mises para el seguidor horizontal

Nota: La tensión de Von Mises máxima se presenta en el radio de acuerdo existente entre la cara plana y la extrusión saliente en el eje Z. Puesto que aquí es donde se conecta la barra.

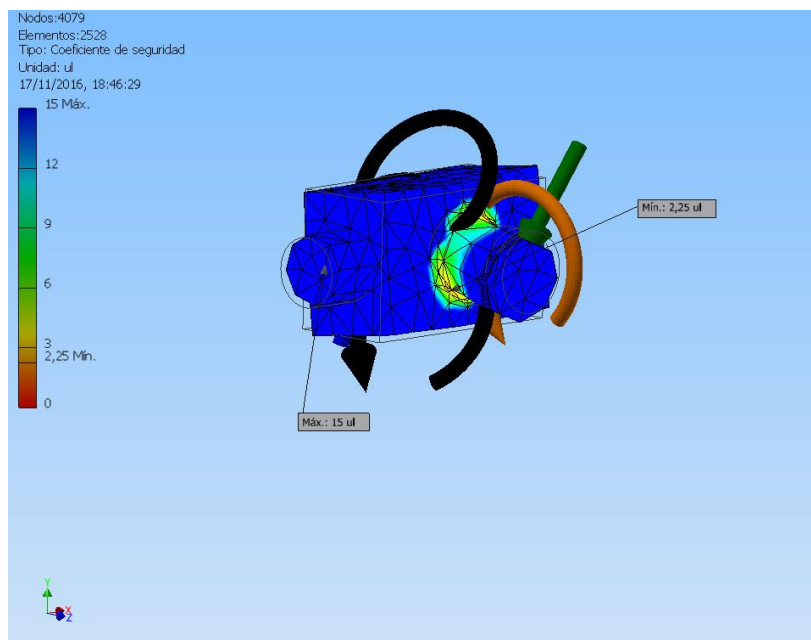


Figura 40. Resultados de coeficiente de seguridad del seguidor horizontal

Nota: El mínimo coeficiente de seguridad se presenta en el radio de acuerdo debido a que este es un concentrador de esfuerzos.

2.3 Mecanismo de bloqueo

El mecanismo de bloqueo es aquel que impide el desplazamiento del cerrojo y por ende la libre rotación de la puerta. El mecanismo como tal se ha simplificado al máximo posible para ahorrar material, espacio y peso en la cerradura para pie, es así que este mecanismo solo es una pieza en forma de L que se sitúa en la parte interna y externa de la carcasa. Esta pieza tiene un solo grado de libertad pues puede deslizarse libremente en una sola dirección, como se muestra en la figura 41. La forma en la que actúa esta pieza y evita la activación del cerrojo es bloqueando el desplazamiento del seguidor vertical en el mecanismo de activación. Por ende, si este está bloqueado, automáticamente se bloquean los dos pedales y el cerrojo estándar. Esta pieza de igual manera se acciona con el pie, deslizándola de manera horizontal de un lado hacia otro.

Para la elaboración de esta pieza se decidió utilizar el acero al carbono AISI 1045 con sus propiedades mostradas en la tabla 6. El proceso de diseño de esta pieza ha sido un proceso iterativo hasta encontrar las dimensiones óptimas del mismo que se presentan en el plano 09-2016.

El estudio se realizó en análisis estático con caras fijas de la carcasa, aceleración y velocidad lineal de cero para ambas piezas y expuestas a dos fuerzas de 361 [N] con color azul y a la gravedad de color amarillo como se muestra en la figura 41. Esta fuerza de 361 [N] considera la fuerza que una persona ejerce al instante de accionar el pedal más el peso del seguidor vertical y la barra.

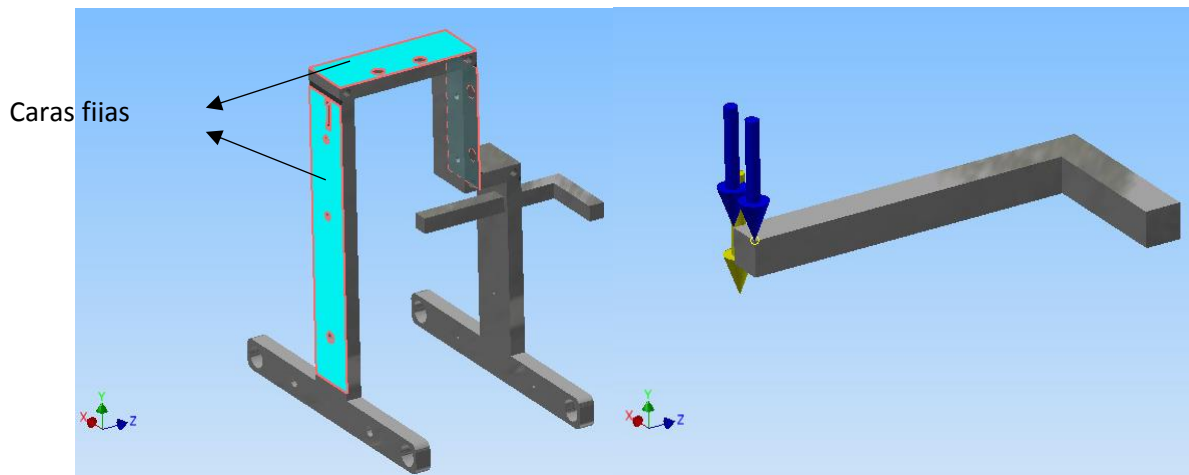


Figura 41. Condiciones para la simulación del mecanismo de bloqueo

Bajo estas condiciones de borde se ha podido simular la barra con forma de L para garantizar un factor de seguridad mayor o igual a 1.5, obteniendo un esfuerzo de Von Mises de 229.5 Mpa un desplazamiento máximo de 0.449 [mm] y coeficiente de seguridad de 1.525. Cumpliendo así con los estándares de diseño. Para una mayor comprensión de estos resultados véase las figuras 42, 43 y 44.

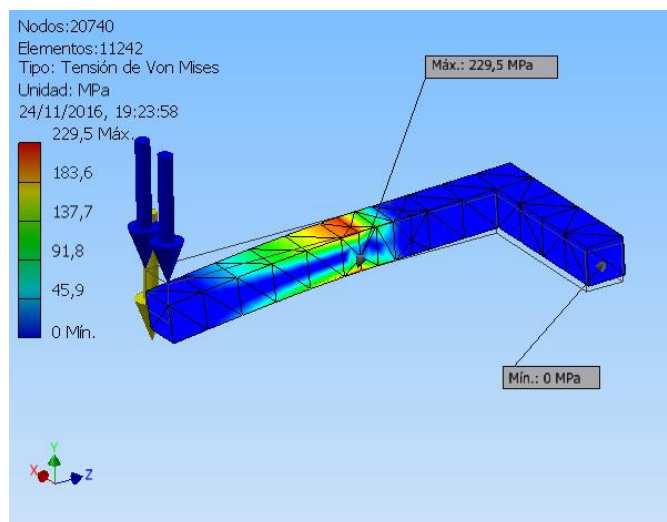


Figura 42. Resultados de esfuerzos de Von Mises para la barra en L.

Nota: El esfuerzo de Von Mises se da en la cara inferior de la pieza, que es donde está su punto de apoyo.

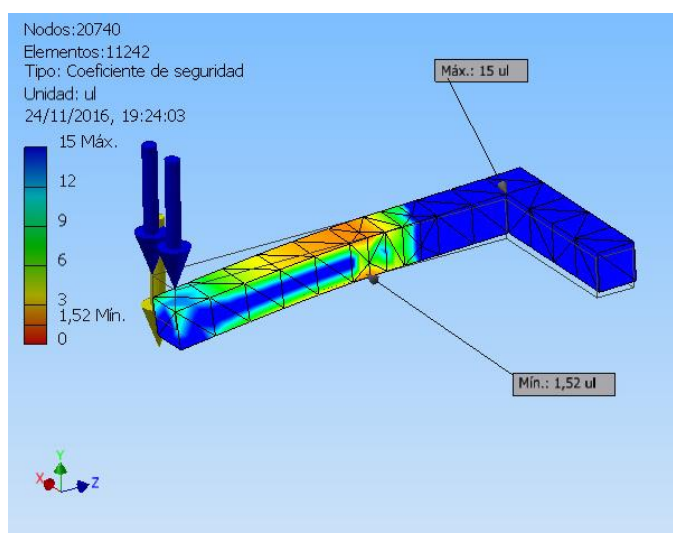


Figura 43. Resultados de factor de seguridad para la barra en L

Nota: El menor valor de coeficiente de seguridad se da justo en el punto de apoyo de la L. Sin embargo, se garantiza que no haya deformación plástica; debido a que esta siempre debe permanecer recta.

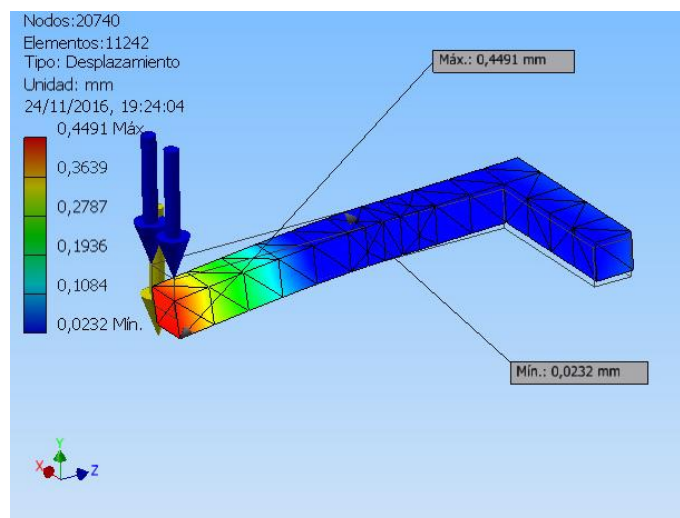


Figura 44. Resultados de tensi3n de desplazamiento para la barra en L

Nota: Al tener la forma natural de una viga en voladizo, los desplazamientos máximos se presentan en la parte más alejada del punto de sujeci3n.

2.4 Carcasa

La carcasa es el ensamble de varias partes, aquel que soporta las cargas y está anclado a la puerta estándar. Este ensamble es el conjunto de varias piezas que se han unido para formar una sola a través de sueldas en varios puntos. La carcasa se ha decidido fabricar en un material robusto como el acero al carbono AISI 1045 y soldado bajo la norma AWS D1.1. En este subensamble se montan todas las partes de la cerradura como tal, en ella se posicion3n el mecanismo de activaci3n y el pedal pivote, así como también otras más que se pueden apreciar en el plano de conjunto mostrado en el plano C1-2016. Las dimensiones para este subensamble no fueron sometidas a un proceso de optimizaci3n de medidas, puesto que las mismas están estrictamente relacionadas a las longitudes de las piezas precedentes, para garantizar el correcto ensamblaje y funcionamiento del conjunto pedal y pivote y también para garantizar que la carcasa no sobresalga de la puerta al momento de instalarla. Para informaci3n de las medidas revesese los planos 10-2016, 11-2016, 13-2016, 16-2016 y 15-2016.

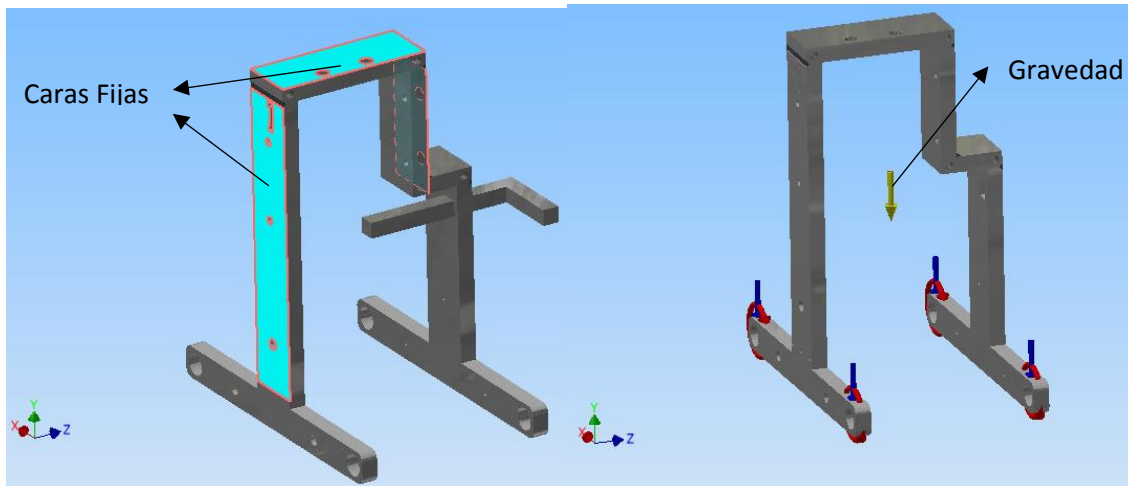


Figura 45. Condiciones para la simulación de la carcasa

Para garantizar que las medidas de este subensamble estén bajo los parámetros de diseño de este proyecto de titulación se ha realizado el análisis estático de la misma estableciendo las siguientes condiciones de borde: tres caras fijas mostradas en color celeste en la figura 45 , cuatro fuerzas en dirección negativa al eje Y de un valor de 361 [N] cada una representadas con color azul en la parte derecha de la figura 45 y cuatro momentos de 35.51 [N m] representados en color rojo en la figura antes mencionada. Estos valores se obtuvieron a partir de transferir la fuerza aplicada sobre el pedal a cada uno de los puntos de sujeción de los pivotes. Es así que se obtuvo un esfuerzo de Von Mises máxima de 72.85 Mpa, un desplazamiento de 0,061 [mm] y un coeficiente de seguridad de 4.8. Estos resultados se exponen en las figuras 46, 47 y 48.

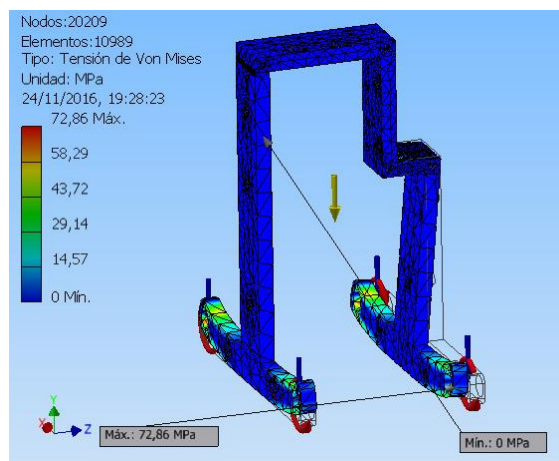


Figura 46. Resultados de esfuerzos de Von Mises para la carcasa

Nota: Los esfuerzos máximos se presentan en los lugares en los cuales los pivotes van sujetos, pues es aquí el lugar en el cual la fuerza se transmite hacia la carcasa y posteriormente para la puerta.

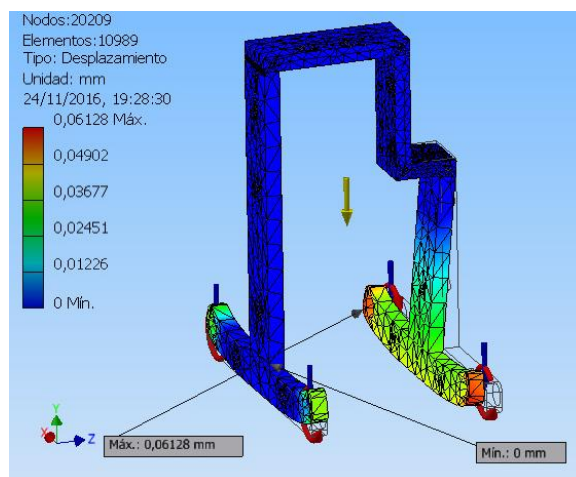


Figura 47. Resultados de desplazamientos para la carcasa

Nota: El desplazamiento máximo está presente en los extremos más alejados del centro de la carcasa pues es aquí donde se emula una viga en voladizo. Sin embargo, estos desplazamientos son mínimos y garantizan un buen funcionamiento de la pieza.

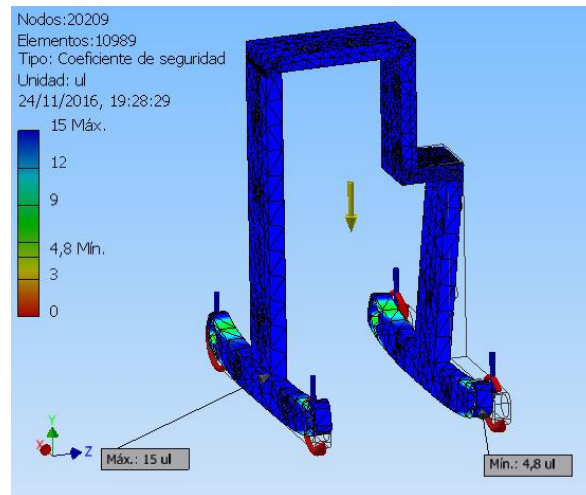


Figura 48. Resultados de factor de seguridad para la carcasa

Nota: El factor mínimo de este subensamble es muy alto y está localizado en el lugar de sujeción de los pivotes, este factor es alto debido a que la carcasa no se sometió un proceso de optimización de medidas.

Este subensamble se complementa con algunas otras piezas como: tapa interna, tapa externa, apoyo resortes de torsión y descanso pedales. Las dimensiones de todas estas piezas se han establecido según las longitudes de la carcasa, puesto que las tapas sirven para ocultar y proteger las partes internas de la cerradura para pie, para sujetar los resortes de torsión y para frenar la rotación de los pedales. Para este conjunto de piezas no ha sido necesario realizar análisis de elementos finitos puesto que estas no están sujetas a esfuerzos muy altos en comparación a las otras piezas ya analizadas. Las dimensiones y características de las mismas pueden ser apreciadas en los planos 12-2016, 16-2016, 17-2016 y 19-2016, así como también su posicionamiento en el plano de conjunto C2-2016

2.5 Cerrojo

El cerrojo es un dispositivo con un picaporte pasante hacia el marco de la puerta para asegurarla como se lo muestra en la figura 49. Normalmente son de uso doméstico y sirven para bloquear el movimiento rotacional de las puertas, el mismo es estándar para toda marca de

cerraduras existentes dentro del país y pueden ser reutilizadas al momento de la instalación de la cerradura para pie. Para hacer esto posible se ha diseñado un acople que permita conjugar el cerrojo estándar con todas las piezas realizadas en este proyecto. El acople del cerrojo mostrado en la figura 50 básicamente lo que hace es transferir el movimiento del mecanismo de activación hacia el cerrojo para bloquear o desbloquear la rotación de la puerta.

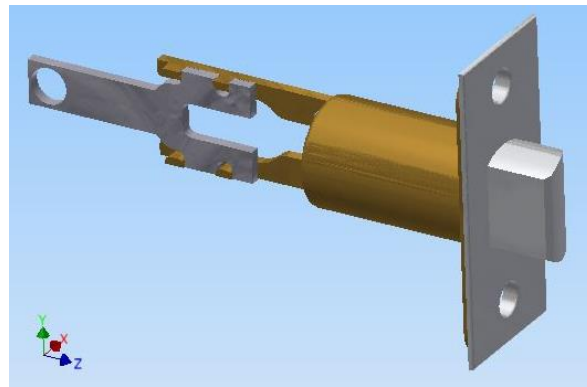


Figura 49. Cerrojo Estándar y acople

El acople del cerrojo se ha decidido fabricar en aluminio 6061 con las propiedades mecánicas mostradas en la tabla 8. Se ha escogido este material por su fácil maquinabilidad y bajo peso. Esta pieza no ha sido sometida a un análisis de elementos finitos ya que la carga que soporta es mínima en comparación al mecanismo de activación. Sin embargo, esta pieza tiene estrecha relación con las medidas del cerrojo estándar y el seguidor horizontal. Las dimensiones del mismo se muestran en el plano 18-2016.



Figura 50. Acople Cerrojo

CAPITULO 3: DOCUMENTACION DE LAMANUFACTURA

3.1 Pivotes

Al ser el pivote un elemento de revolución, este se lo realizó en un torno de precisión en el cual se desbaste material externo para así alcanzar las medidas externas deseadas. El agujero central del pivote se realizó así mismo en el torno con la utilización de una broca colocada en el contrapunto para garantizar y dar las dimensiones del mismo. Así mismo mediante el útil de corte se pudo dar el chaflán en las partes externas. Los pivotes manufacturados se muestran en la figura 51.



Figura 51. Manufactura de Pivotes

3.2 Eje central

La fabricación del eje central se realizó en dos partes, primero se realizó el eje y el chavetero y aparte la chaveta. Se empezó desbastando en un torno todas las geometrías de revolución, hasta obtener las medidas deseadas. Posteriormente y con la ayuda de una fresadora se realizó la profundidad del chavetero. Para la chaveta se utilizó una porción de material de forma rectangular, que con la ayuda de la fresadora se refrentó las caras hasta obtener las

dimensiones requeridas. Una vez obtenidas las dos piezas, se procedió a juntarlas a través de un ajuste mecánico utilizando una prensa. El eje central manufacturado se lo puede observar en la figura 52.



Figura 52. Eje central terminado

3.3 Pedal

Para la manufactura de los pedales tanto interno como externo, primero se realizó un refrentado en las dos caras del tocho. Después se utilizó una maquina CNC para dar la geometría externa. Posteriormente, mediante el uso de una fresadora, se realizó los canales en los cuales se colocaron las bandas antideslizantes, tal y como se muestra en la figura 53. Por último, se realizó

el chavetero con la ayuda de la cortadora por hilo, mismo que se muestra en la figura 54.



Figura 53. Vista de perfil del pedal sin el chavetero

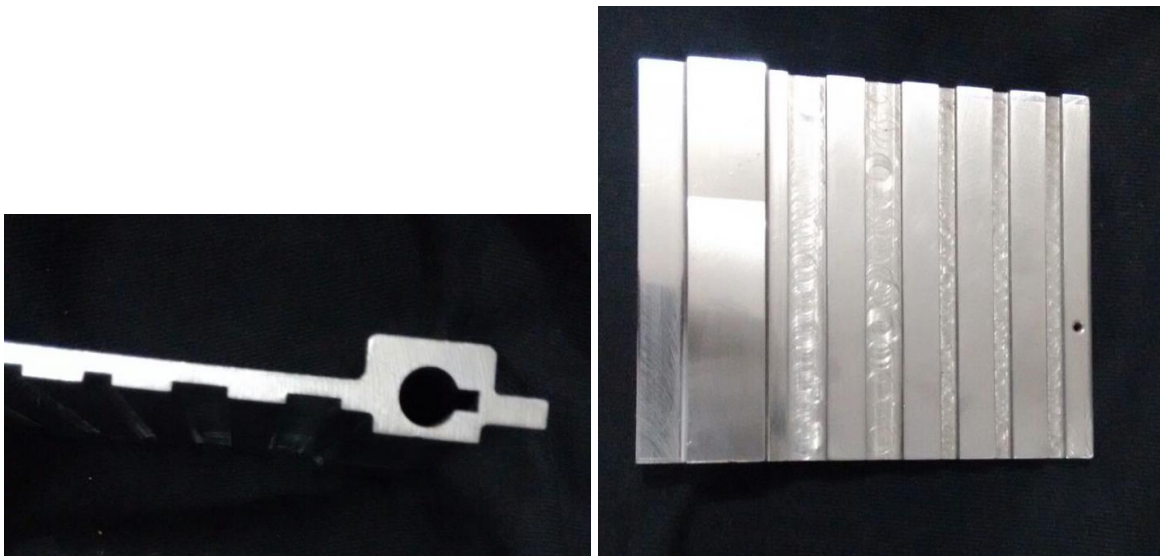


Figura 54. Pedales Terminados

Después con la ayuda de un taladro se procedió a realizar todos los agujeros pasantes del mismo. Los pedales presentados fueron después pulidos con la ayuda de lijas finas y gruesas para obtener un acabado superficial levemente brillante, se usaron lijas desde 100 a la 1500.

3.4 Seguidor vertical

Para la manufactura del seguidor vertical se procedió a desbastar las caras. Después se removió material en una sola cara, para dejar la parte sobresaliente del mismo. En dicha parte, se utilizó un torno para realizar el canal donde ingresa el seguro Seager. Posteriormente, con la ayuda de la fresa se realizaron los agujeros pasantes, para posteriormente realizar un contorno y obtener así la pieza terminada, tal y como se muestra en la figura 55.



Figura 55. Seguidor vertical terminado

3.5 Seguidor horizontal

Mediante el uso de una maquina CNC, se desbaste el material excedente del tocho por las cuatro caras hasta las dimensiones requeridas y garantizar paralelismo entre caras, para posteriormente fresar una de las caras y obtener uno de los cilindros sobresalientes, después se giró la pieza en 90 grados y se repitió el proceso para obtener la geometría deseada. Finalmente

se realizó un acabado superficial en todas las caras para decrementar el posible rozamiento entre esta pieza y la pista. La pieza acabada se observa en la figura 56.

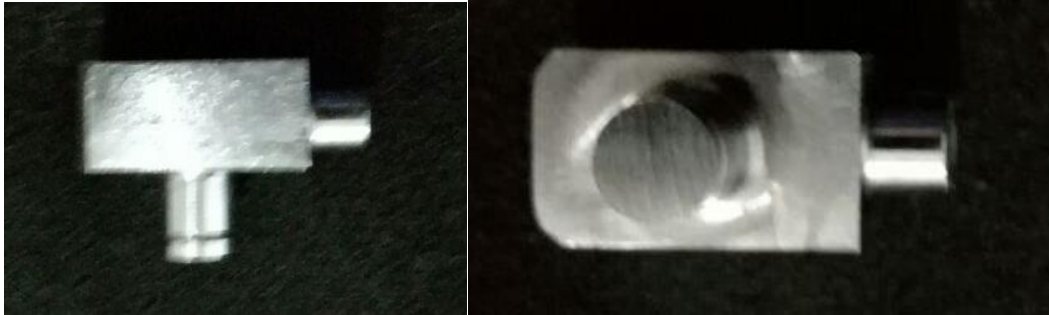


Figura 56. Seguidor horizontal terminado

3.6 Pista

Para la pista primero se realizó un refrentado de las caras, después con la ayuda de la CNC se obtuvo en la geometría principal del canal y se le dio un acabado superficial en dos de las tres caras, para posteriormente con una cortadora en hilo obtener la pieza del material excedente y garantizar la obtención de algunas aristas vivas. Por último, se realizaron los agujeros necesarios para los tornillos. La pieza terminada se presenta en la figura 57.



Figura 57. Pista terminada

3.7 Barra

La barra se realizó a través de una máquina CNC la cual perforó los agujeros pasantes con el diámetro especificado y posteriormente se hizo un contorno para sacar la geometría del material base. La pieza terminada se presenta en la figura 58.



Figura 58. Barra terminada

3.8 Carcasa

Todas las piezas individuales de la carcasa se realizaron en una fresa, en las cuales se refrentó las caras para garantizar paralelismo entre ellas. La fresa realizó cada una de las perforaciones en las cuales los pernos ingresaron. Así mismo con la ayuda de esta herramienta se realizaron todos los agujeros pasantes y los chaflanes. Después para unir las piezas se acudió a la unión permanente por soldadura. En este procedimiento se garantizó la ubicación correcta de todas las piezas para proceder a soldarlas bajo la norma AWS D1.1 descrita en el capítulo 1.

Las partes complementarias de este ensamble así mismo fueron realizadas en una fresa que refrentó las caras exteriores e hizo las perforaciones necesarias. Las piezas y el ensamble terminado se presentan en la figura 59.

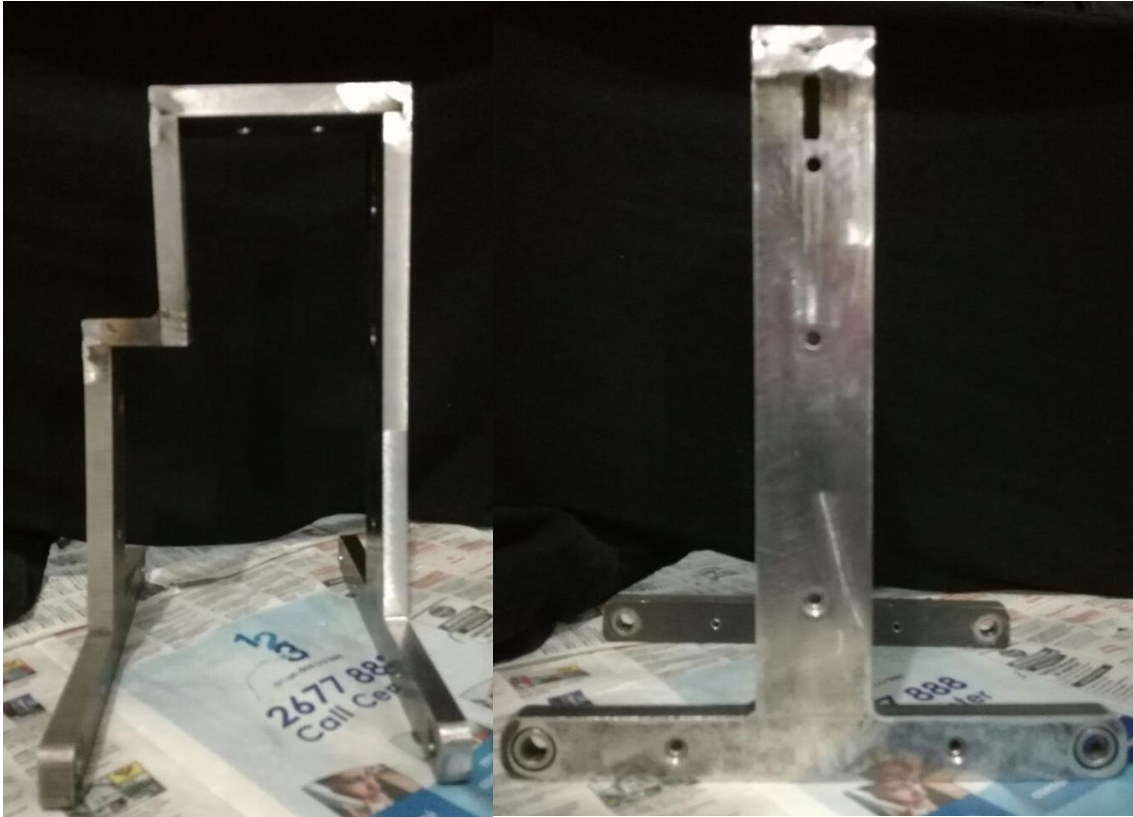


Figura 59. Carcasa terminada

3.9 Seguro

Para la manufactura de esta pieza se utilizó dos perfiles cuadrados de 10 x 10 [mm] de AISI 1045 de 94 [mm] de longitud y otro de 40 [mm] respectivamente, los mismos que fueron preparados según la norma AWS D1.1. Para preparar la junta en V se utilizó un esmeril de desbaste para asegurar el ángulo estipulado por la norma antes mencionada. Después se aplicó el cordón de suelda por toda la junta y posteriormente se inspeccionó posibles fallas de la suelda y del posicionamiento. Por último, una vez hecha la junta se procedió a pulir la L con el objetivo de quitar la rebaba y obtener un mejor acabado.



Figura 60. Seguro manufacturado

3.10 Tapa interna y tapa externa

Para la manufactura de estas piezas se procedió a cortar el material base con una cortadora en agua hasta obtener las dimensiones requeridas. Después con la ayuda de una CNC se realizaron las perforaciones necesarias, para así pulirlas y darles un acabado superficial. En la tapa externa se realizó un grabado en laser con la marca de la cerradura. Estas piezas se presentan en la figura 61



Figura 61. Tapas grabadas y terminadas

3.11 Acople del cerrojo

Para la producción de esta pieza se partió de una lámina de aluminio que se desbastó el contorno con la ayuda de una CNC.

3.12 Ensamble total

El ensamble del dispositivo está compuesto por 4 subensambles principales, los mismos que fueron ensamblados por separado; para posteriormente proceder al ensamblaje total. Primero se empezó ensamblando el mecanismo pedal-eje central. Para ello, con la ayuda de una prensa hidráulica se introdujo el eje central dentro del chavetero del pedal, como se muestra en la figura 62. Adicionalmente, se colocaron los resortes de torsión dentro de los agujeros de los pedales y utilizando un playo se ajustaron los resortes para evitar que se salgan de sus respectivos agujeros, tal y como se muestra en la figura 63.



Figura 62. Ensamble eje central pedal

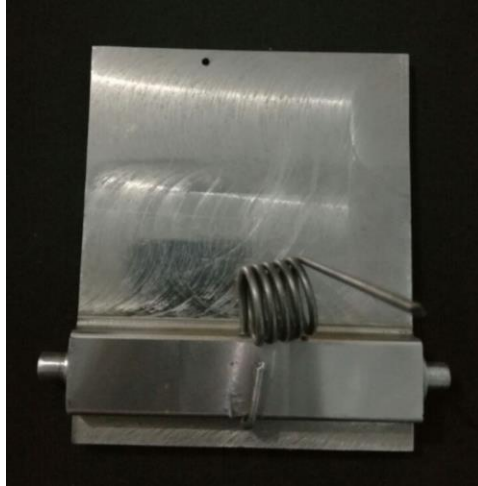


Figura 63. Instalación del resorte de torsión

Posteriormente, se ensambló el mecanismo de activación. Para ello se introdujo el diámetro interno de uno de los lados del resorte, dentro del eje interno de la pista; mientras que el diámetro del otro lado, se lo introdujo en el eje ubicado en la cara lateral del seguidor horizontal. A su vez, se encajaron los agujeros de la barra tanto en el eje ubicado en la cara superior del seguidor horizontal, como en el eje del seguidor vertical. Todas estas piezas, en conjunto con la pista, se muestran en la figura 64.



Figura 64. Mecanismo de activación ensamblado

Como siguiente paso, se ensambló la carcasa. Para ello se alineó y posicionó adecuadamente cada una de las tapas, haciendo coincidir los chaflanes correspondientes y teniendo en cuenta la posición de los agujeros roscados. Después con la ayuda de un soldador calificado, se soldó cada una de las juntas en V de acuerdo a la norma AWS D1.1. Subsecuentemente, haciendo uso de un esmeril, se limpió y saco toda la rebaba que quedó del proceso de soldadura con el objetivo de que todas las caras estén perfectamente planas. Dicho proceso se muestra en la figura 65.

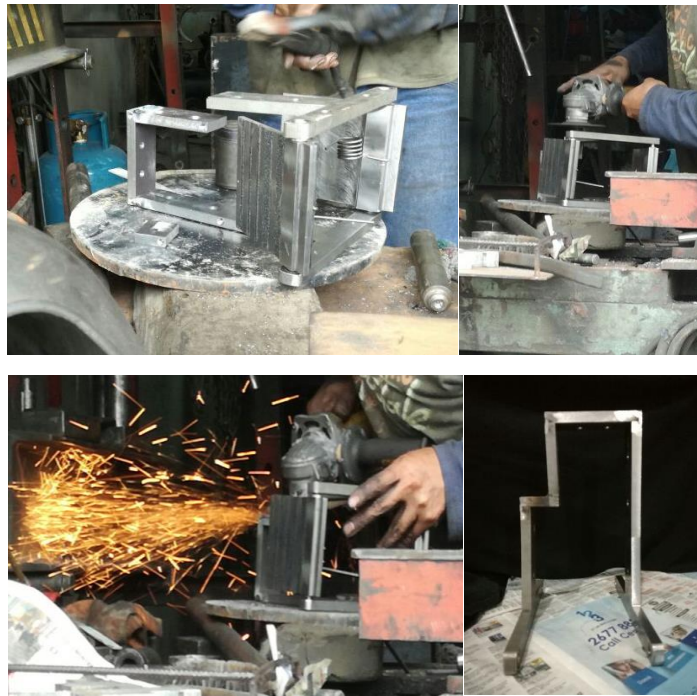


Figura 65. Proceso de soldadura de la carcasa

Una vez hechas las juntas permanentes en la carcasa, se introdujeron los pivotes dentro de la misma, para posteriormente colocar los 2 sistemas de pedal -eje central. Quedando como se muestra en la figura 66.

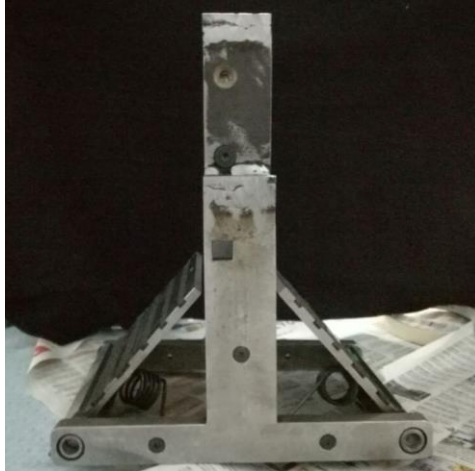


Figura 66. Unión de los pedales a la carcasa

Inmediatamente después, se acolpló el mecanismo de activación a la carcasa, a través de 4 pernos M6 de cabeza avellanada allen. Dicha operación se observa en la figura 67.



Figura 67. Montaje de la pista

Posteriormente se atornillaron, a través de pernos M4 con cabeza avellanada allen, los apoyos de resortes de torsión en los agujeros correspondientes, el mismo proceso se realizó para el apoyo de pedales. Dicha operación se muestra en la figura 68. Sobre el contorno de los apoyos para los resortes de torsión, se enrollaron dichos resortes con el fin de que al aplastar los pedales, estos regresen a su posición inicial.



Figura 68. Montaje de apoyos

Después, se introdujo el acople del cerrojo dentro del eje ubicado en la cara superior del seguidor horizontal. Este a su vez se ancló al cerrojo estandar. Una vez realizada esta operación, se colocaron los seguros Seager dentro de las ranuras de sus respectivos seguidores, tal y como se muestra en la figura 69.



Figura 69. Montaje del acople del cerrojo.

Por último, se colocó el seguro para el mecanismo de bloqueo dentro de la carcasa. Dejando así, todo el dispositivo ensamblado como se muestra en la figura 70.



Figura 70. Ensamble total

CAPITULO 4: DISCUSIÓN

La cerradura para pie se considera un dispositivo que ayuda al usuario a bloquear y/o desbloquear las puertas de lugares públicos. Este dispositivo está diseñado con materiales capaces de resistir condiciones extremas en el lugar de ubicación. La cerradura está diseñada para posicionarse en la parte inferior – derecha de las puertas y solo es compatible con puertas de madera sólidas estándar con 35 [mm] de espesor. La cerradura está diseñada con un factor de seguridad de 1.6, soporta una carga máxima de 721 [N] en el pedal, necesita lubricación cada cierto tiempo, tiene un peso aproximado de 3,5 Kg, con un área de 0,29 [m²]. Usa pernos estándar M6 y M4 y sus partes están fabricadas en acero AISI 1018, AISI 1045 y Aluminio 6010 respectivamente.

La pieza más crítica en este dispositivo es la pista de aluminio, puesto que es la parte que tiene el material menos tenaz y soporta directamente la carga aplicada al mecanismo. Esta pieza es la que nos proporciona el factor de seguridad del conjunto ya que es el menor. De esta forma el dispositivo se diseñó alrededor de esta, para así complementar y garantizar el funcionamiento de las demás partes.

Dentro de las complicaciones de diseño se encuentran las limitaciones dadas por las dimensiones de los componentes estándar como, el espesor de la puerta, las dimensiones del cerrojo, las medidas del calzado de las personas y proporcionar ergonomía. Además, dentro del mercado ecuatoriano, los resortes no se pudieron conseguir a través de un catálogo, por ende, el diseño se tuvo que acoplar a dichos componentes. Adicionalmente, se presentaron problemas al momento de realizar las iteraciones puesto que el software inventor cuenta con limitaciones, en relación a la simulación dinámica de algunos componentes. También se originó un problema al

momento de seleccionar los materiales a utilizar, puesto que se tuvo que acudir únicamente a los materiales disponibles en el mercado ecuatoriano. Se encontró además que las planchas de aluminio, son escasas por lo que su obtención se volvió un poco complicada. En lo que respecta a la manufactura, se encontró que los costos de la mano de obra dentro del país, son relativamente altos. Asimismo, se observó que la mayoría de trabajadores no poseen una fresadora con la que puedan realizar los trabajos requeridos para este proyecto de titulación. Por ende, algunas piezas tuvieron que realizarse en un centro de maquinado especializado en dichos procesos.

Tras haber culminado el proceso de diseño y fabricación de la cerradura para pie se ha querido comprobar su acogida, utilidad y necesidad dentro del mercado ecuatoriano, pues esta cerradura es un objeto novedoso pensado en su utilización para público en general. Para ello se realizó una encuesta a 100 personas de diferente clase social, género y etnia en diferentes sectores de la ciudad de Quito, esta se presenta en el anexo 1; en la misma se buscó si es que realmente existe una necesidad real para cambiar la forma habitual que las personas abren o cierran las puertas de baños en lugares públicos. Además, se indagó la aceptación y pre disponibilidad de las personas para la adecuación de la cerradura diseñada en este proyecto, en lugares públicos. Finalmente se propuso diferentes precios con el objetivo de ver el valor monetario al cual la cerradura podría salir al mercado. La encuesta arrojó los siguientes resultados:

¿Ha pensado usted en alguna otra forma con la que se pueda abrir las puertas de baños de lugares públicos?

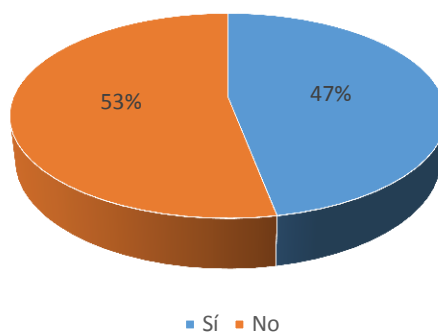


Figura 71. Resultados pregunta 1 de la encuesta

En la figura 71 se observa que la mayoría de los encuestados no han pensado en alguna otra forma en la cual se pueda accionar las puertas de baños. Afirmando la idea de que crear una nueva forma de accionar las puertas es algo novedoso para las personas.

¿Le molesta coger con sus manos, las cerraduras contaminadas de los baños?

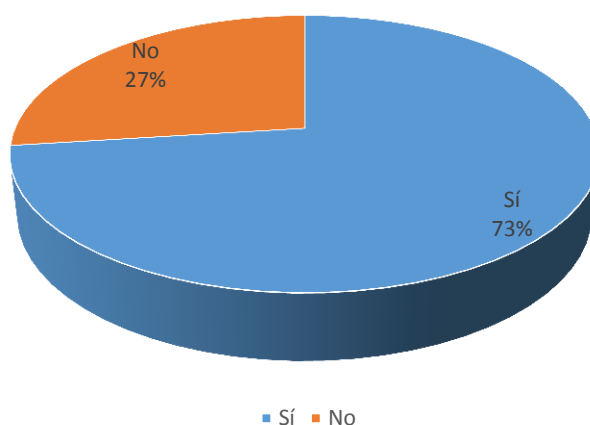


Figura 72. Resultados pregunta 2 de la encuesta

En la figura 72 se observa claramente la razón por la cual este proyecto fue realizado, pues la mayoría de las personas encuestadas les molesta tomar las cerraduras para accionar la misma, pues le dan mucha importancia a la cantidad de microorganismo que podrían estar en la superficie de la cerradura.

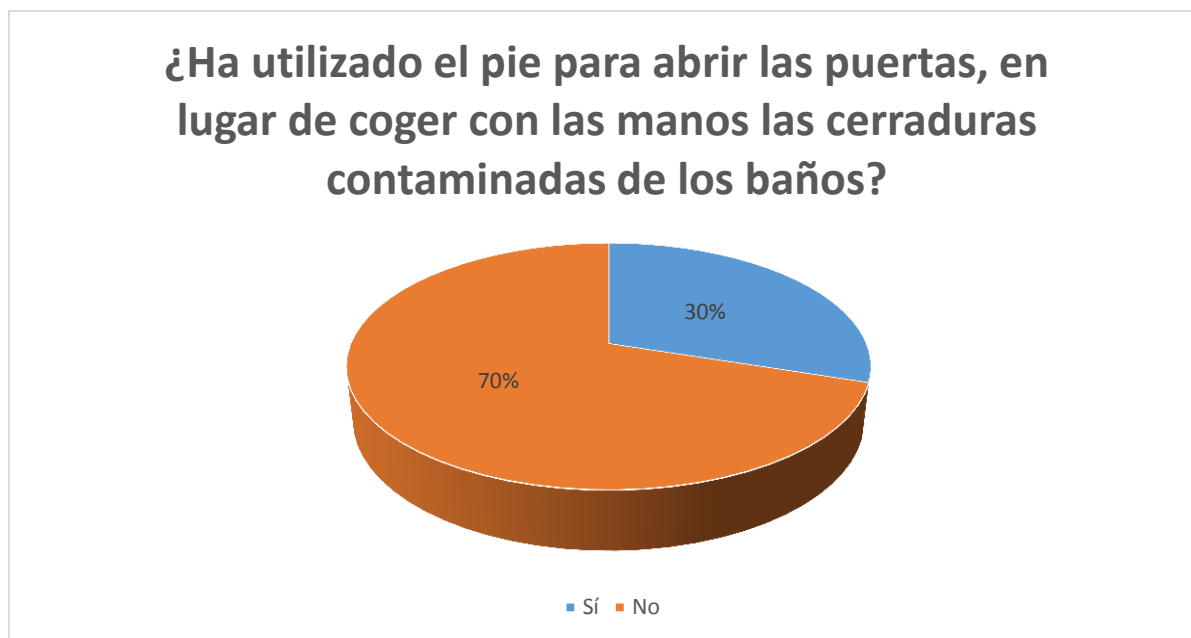


Figura 73. Resultados pregunta 3 de la encuesta

Las preguntas de las figuras 73 y 74 respectivamente afianzan la idea de que la mayoría de personas siempre han buscado una alternativa para evitar el contacto con las cerraduras. Mostrando que la opción más común para accionar las puertas es el pie, sustentado la propuesta de que la siguiente forma más natural de abrir una puerta puede ser a través de las extremidades inferiores

¿Le gustaría que exista una cerradura para puertas en la que se emplee únicamente el pie?

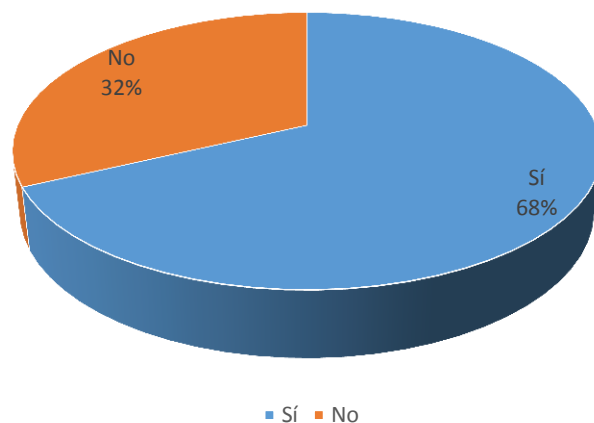


Figura 74. Resultados pregunta 4 de la encuesta

La figura 75 muestra la gran aceptación de la gente a este dispositivo, pues la mayoría de ellas se siente optimista de verlas ubicada en baños de discotecas, bares, restaurantes, hospitales y otros. Cabe recalcar la gran aceptación de la gente que si desea una nueva de abrir las puertas.

Después de observar el esquema de la cerradura, ¿Le parecería útil instalarlas en los baños de lugares públicos?

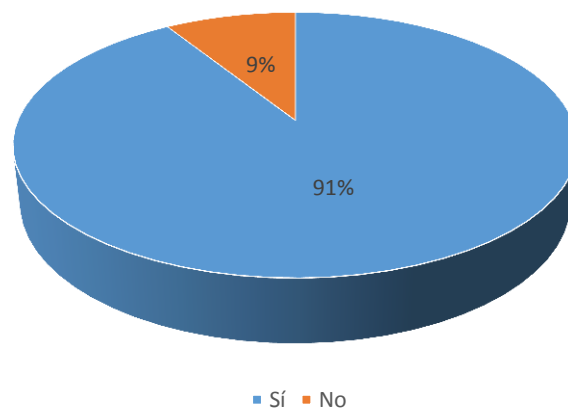


Figura 75. Resultados pregunta 5 de la encuesta

Finalmente, la figura 76 nos proporciona una estimación sobre el precio el cual las personas estarían dispuestas a pagar por este dispositivo. Poniendo una base para la posible comercialización de la cerradura dentro del mercado ecuatoriano.

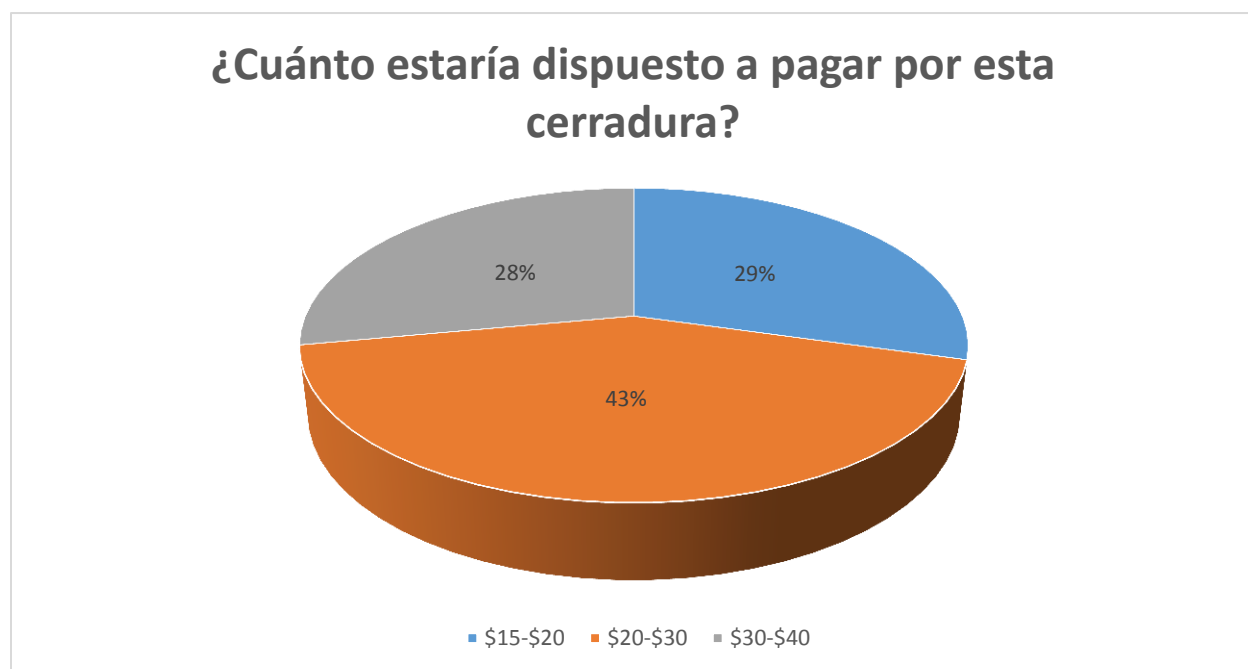


Figura 76. Resultados pregunta 6 de la encuesta

La cerradura para pie funciona de una manera relativamente sencilla e intuitiva, pues con la aplicación de una fuerza ligeramente pequeña sobre uno de los pedales, que se encuentran sobresaliendo de la puerta; se puede activar el seguidor horizontal. Mismo que a su vez, mueve el picaporte de la puerta. Debido a la presencia de bandas antideslizantes en los pedales, estas nos permiten empujar o halar la puerta sin necesidad de utilizar las manos. Por otra parte, si el objetivo es bloquear la puerta, con la ayuda de una pequeña barra, se puede restringir el movimiento de los pedales, provocando automáticamente el bloqueo del cerrojo e impidiendo así el acceso.

La cerradura se ubicó en un habitáculo de prueba, el mismo que tiene las dimensiones estándar de una puerta para baño de 700mm de ancho, 2000mm de largo y 35mm de espesor. Esta puerta está sujeta a una base que se encarga de soportarla, asimismo, consta de un marco con bisagras que permiten la libre rotación de puerta. En este habitáculo, 70 personas probaron la cerradura garantizando así el correcto funcionamiento de la misma, afianzando la idea de que existen otras formas de entrar o salir dl baño de un lugar público. A continuación, se muestra en la figura 77 el habitáculo de prueba en funcionamiento.



Figura 77. Habitáculo de prueba

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

Este proyecto de titulación se realizó con el fin de frenar la transmisión de enfermedades, la contaminación a través de microorganismos y la insalubridad ocasionada al momento accionar con las manos, las cerraduras de las puertas de los baños. Para ello, se presentó la idea de abrir o cerrar las puertas a través de la utilización del pie. Proporcionando así, una solución a dicha problemática.

En pro del cumplimiento del proyecto, se diseñó y simuló con éxito la cerradura, a través de la utilización del software Autodesk Inventor. Asimismo, se pudo analizar y realizar los cálculos estructurales cada uno de los mecanismos presentados. Cada pieza de estos mecanismos estuvo acompañada de su respectivo plano normado con el objetivo de manufacturar dicha pieza. La manufactura de las piezas relativamente exitosa, así como también su respectiva documentación, en cada una de las piezas se describió los pasos más importantes para poder llegar al producto terminado, sin embargo, se ha decidido acortar este Capítulo debido al extenuante trabajo que requiere programar las CNC y especificar todas las variables que influyen en cada proceso de manufactura.

Por último, se ensamblaron todas las piezas y se instalaron en un habitáculo de prueba, el mismo que funcionó adecuadamente. Por ende, el prototipo fue completamente funcional, puesto que el mismo cumplió con bloquear o desbloquear las puertas de baños en lugares públicos.

5.2 Recomendaciones

El diseño y análisis de esta cerradura ha sido un proceso extenuante y tedioso, sin embargo, este aun no es completamente impecable. Pues este es el primer prototipo realizado. Es por eso que se recomienda que si a futuro alguien tiene interés en este tema se pule y se trabaje de mejor manera este prototipo. Se puede mejorar el diseño, materiales y procesos de manufactura ya que, para la producción en masa de este tipo de cerradura, la fabricación con el uso de herramientas como la CNC es muy costoso en el país. Así mismo, se puede mejorar la ergonomía y la forma de activación de esta cerradura. Buscar formas o maneras en las cuales se pueda superar el problema de fricción tanto en los seguidores como en los demás componentes, para así evitar el posible desensamble de la cerradura para lubricar.

Con la utilización de un software ms avanzado se podría complementar tantos las simulaciones como los procesos iterativos presentados en este proyecto. Buscando ello una mayor aproximación a la realidad para evitar posibles fallas en un futuro. Realizar un estudio más profundo para constatar si realmente este producto se podría comercializar en el país y sobre todo si es que su precio realmente seria accesible para los establecimientos públicos. En vista de lo presentado en este proyecto se recomienda incluir y analizar mecanismos fáciles para la utilización con personas de capacidades diferentes.

Bibliografía

American Alliance for Health, Physical Education and Dance (AAHPED). (1988). *Physical best:*

The American Alliance Physical Fitness Education & Assessment Program (p. 20).

Reston, VA: AAHPED.

Clorox Company. (2012). Limpiar no es lo mismo que desinfectar. Recuperado el 6 de junio de

2016 de <http://goo.gl/mnMDCT>

Cunningham. A. (2007). Savvy Skins. *Science News*, 171(5), 75-76. Recuperado el 12 de junio

de 2016 <http://www.jstor.org/stable/3982550>

Aluminio 6061. (2016). *Delmetal*. Recuperad el 24 de Noviembre de 2016, de

<http://www.delmetal.com.ar/productos/aluminio/6061.pdf>

Harman, E. (1993) Strength and power: a definition of terms. *Journal of the national strength and*

conditioning association. 5(6): 18-20.

Classic. (2015). Puertas de Abrir. Recuperado el 21 de julio de 2016 de <http://e->

[glassic.com/pdf/folletos/Puertas-de-abrir-con-freno.pdf](http://e-glassic.com/pdf/folletos/Puertas-de-abrir-con-freno.pdf)

Gonzáles, J. & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamento del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al*

alto rendimiento deportivo (3rd ed., pp. 20 – 60). Barcelona: Inde.

Goldspink, G. (1992). Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle.

Strength and power in sport. Editado por P. Komi. Blackwell Scientific Publication,

London, 211-229.

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (1989). *Código de Dibujo Técnico-Mecánico*

CPE INEN 003:1989. Quito: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] Soldaduras de estructuras de acero. (2016) (1st

ed., p. 8). Quito. Recuperado de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_040.pdf)

[content/uploads/downloads/2013/11/rte_040.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_040.pdf)

Ivanović, J., & Dopsaj, M. (2013). Reliability of force-time curve characteristics during maximal

isometric leg press in differently trained high-level athletes. *Measurement: Journal of the*

International Measurement Confederation, 46(7), 2146–2154.

<http://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.03.008>

Kam, W. K., & Chan, Y. T. (2015). Human Factor and Operating Considerations for Door

Lockset Design for Patient Bathrooms in a Tertiary Acute Hospital. *Procedia*

Manufacturing, 3(Ahfe), 216–218.

<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.131>

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2012). *Viajes internacionales y Salud*.

Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Recuperado el 6 de junio

de 2016 de

http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/sanidadExterior/docs/viajes_internac

[ionales_y_salud_2012.pdf](http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/sanidadExterior/docs/viajes_internacionales_y_salud_2012.pdf)

Paternoster, F. K., Seiberl, W., Hahn, D., & Schwirtz, A. (2016). Residual force enhancement

during multi-joint leg extensions at joint- angle configurations close to natural human motion. *Journal of Biomechanics*, 49(5), 773–779.

<http://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.02.015>

Preiss, S., & Kramer, A. (2011). Foot-operated door opener to eliminate the door handle as a source of contamination. *GMS Krankenhaushygiene Interdisziplinär*, 6(1), Doc10.

<http://doi.org/10.3205/dgkh000167>

Servicios de Salud y Sociales de Delaware. (2007). *Transmisión directa e indirecta de enfermedades*. Recuperado el 6 de junio de 2016 de

<http://dhss.delaware.gov/dhss/dph/files/directindtranspisp.pdf>

Serway, R. & Jewett, J. (2006). *Principles of physics* (1st ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.

Stasa, F. (1985). *Applied finite element analysis for engineers* (1st ed., pp. 300-524). New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Sumiteccr. (2016) Acero Grado Maquinaria AISI 1018. Recuperado el 24 de Noviembre de 2016, de <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201018.pdf>

Sumiteccr. (2016) Acero Grado Maquinaria AISI 1045. Recuperado el 24 de Noviembre de 2016, de <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201045.pdf>

Anexos

Encuesta para una nueva cerradura en el mercado ecuatoriano

1. ¿Ha pensado usted en alguna otra forma con la que se pueda abrir las puertas de baños de lugares públicos?

Sí No

2. ¿Le molesta coger con sus manos, las cerraduras contaminadas de los baños?

Sí No

3. ¿Ha utilizado el pie para abrir las puertas, en lugar de coger con las manos las cerraduras contaminadas de los baños?

Sí No

4. ¿Le gustaría que exista una cerradura para puertas en la que se emplee únicamente el pie?

Sí No

Si usted seleccionó “Sí” en la pregunta 4, continúe con la encuesta. Caso contrario agradecemos su colaboración con esta encuesta.

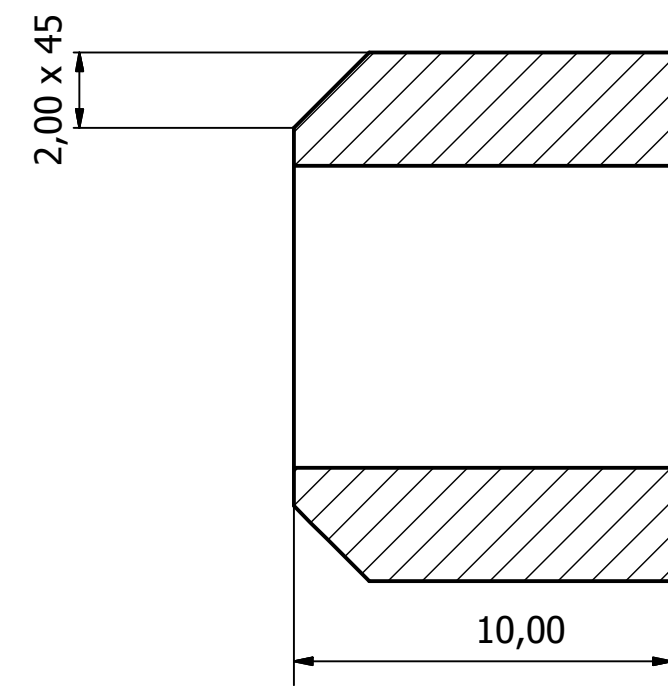
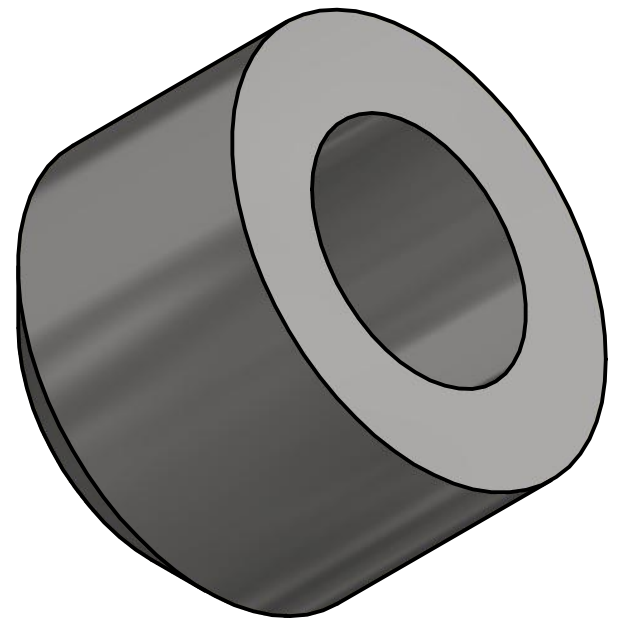
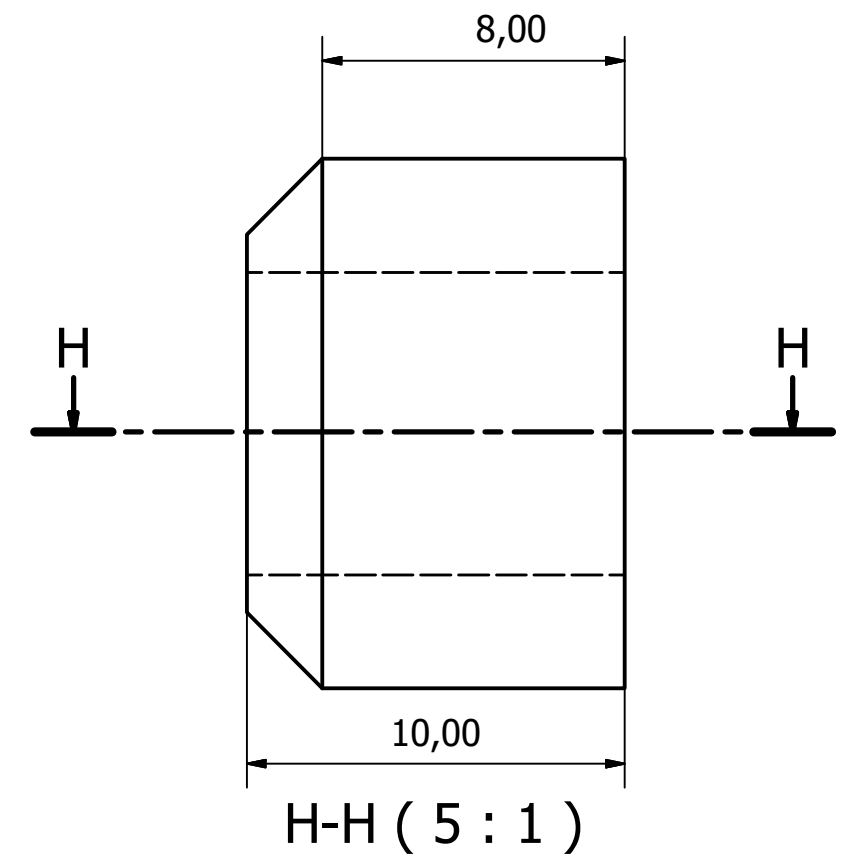
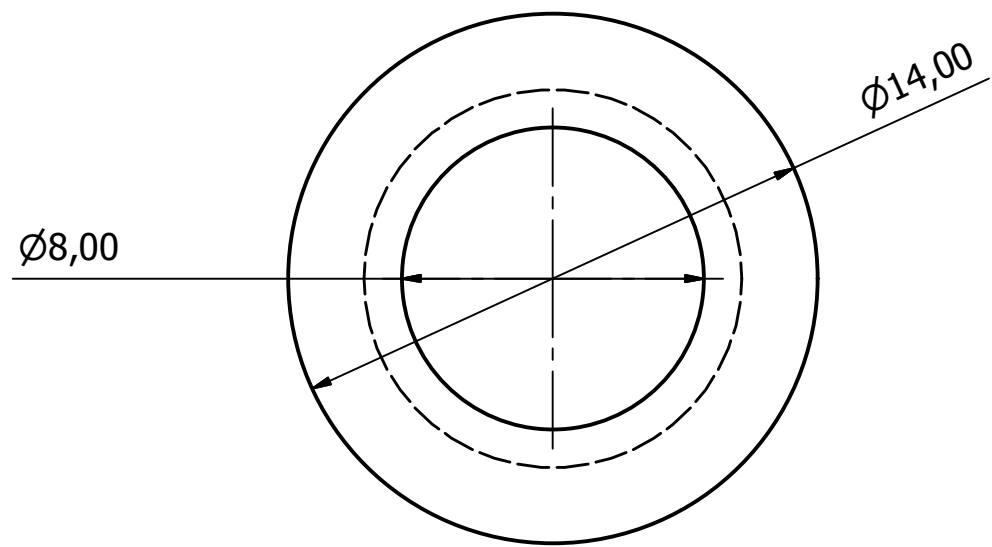
5. Después de observar el esquema de la cerradura, ¿Le parecería útil instalarlas en los baños de lugares públicos?

Sí No

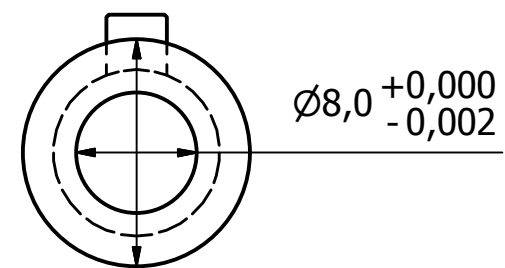
6. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por esta cerradura?

\$15 -\$20 \$20-\$30 \$30-\$40

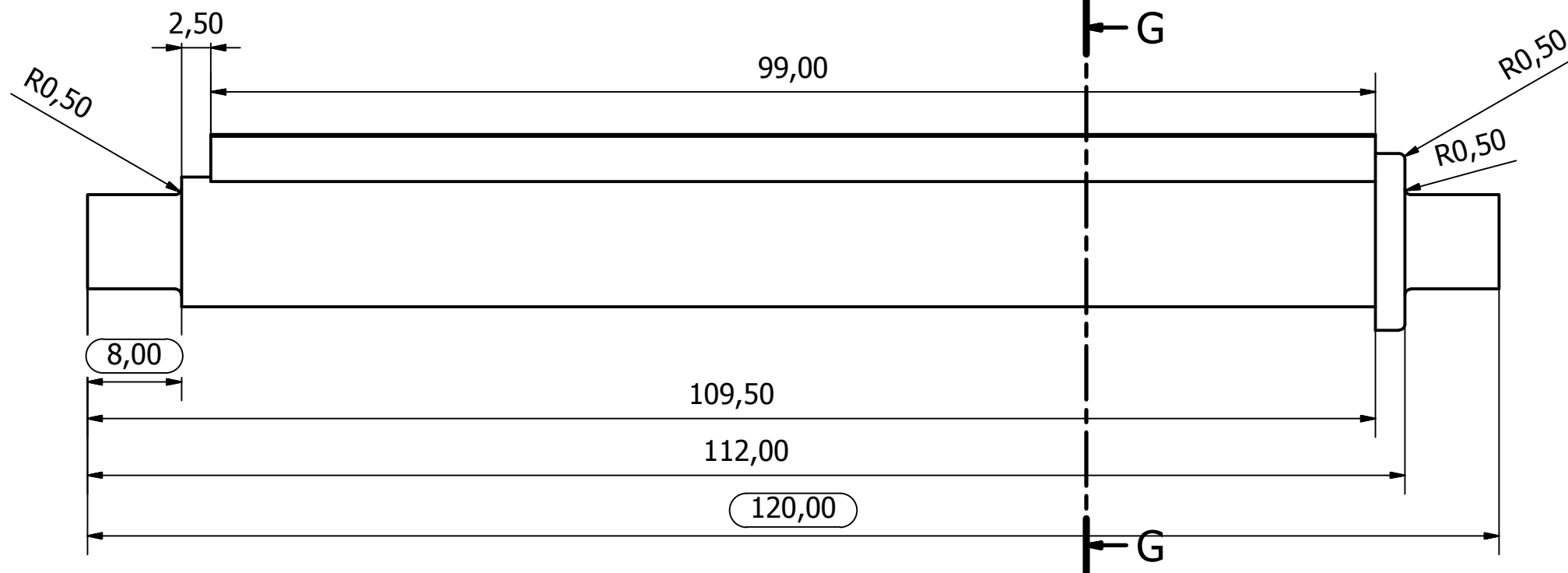
Gracias por su colaboración.



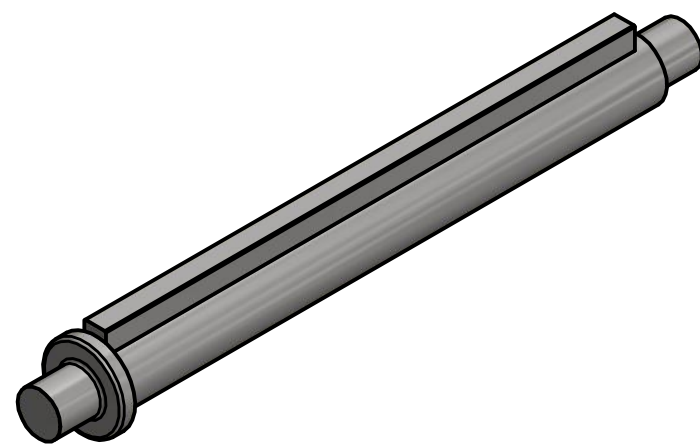
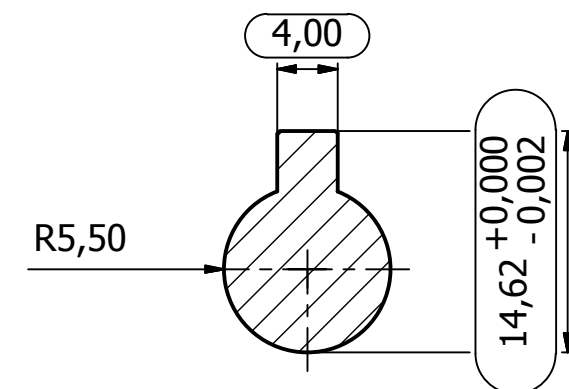
 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 	No. PARTES 1	ESCALA 5:1
	MATERIAL: AISI 1018	DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 19/10/2016	No. DIBUJO 01-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/1016		
	NOMBRE COMPONENTE PIVOTE	APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		



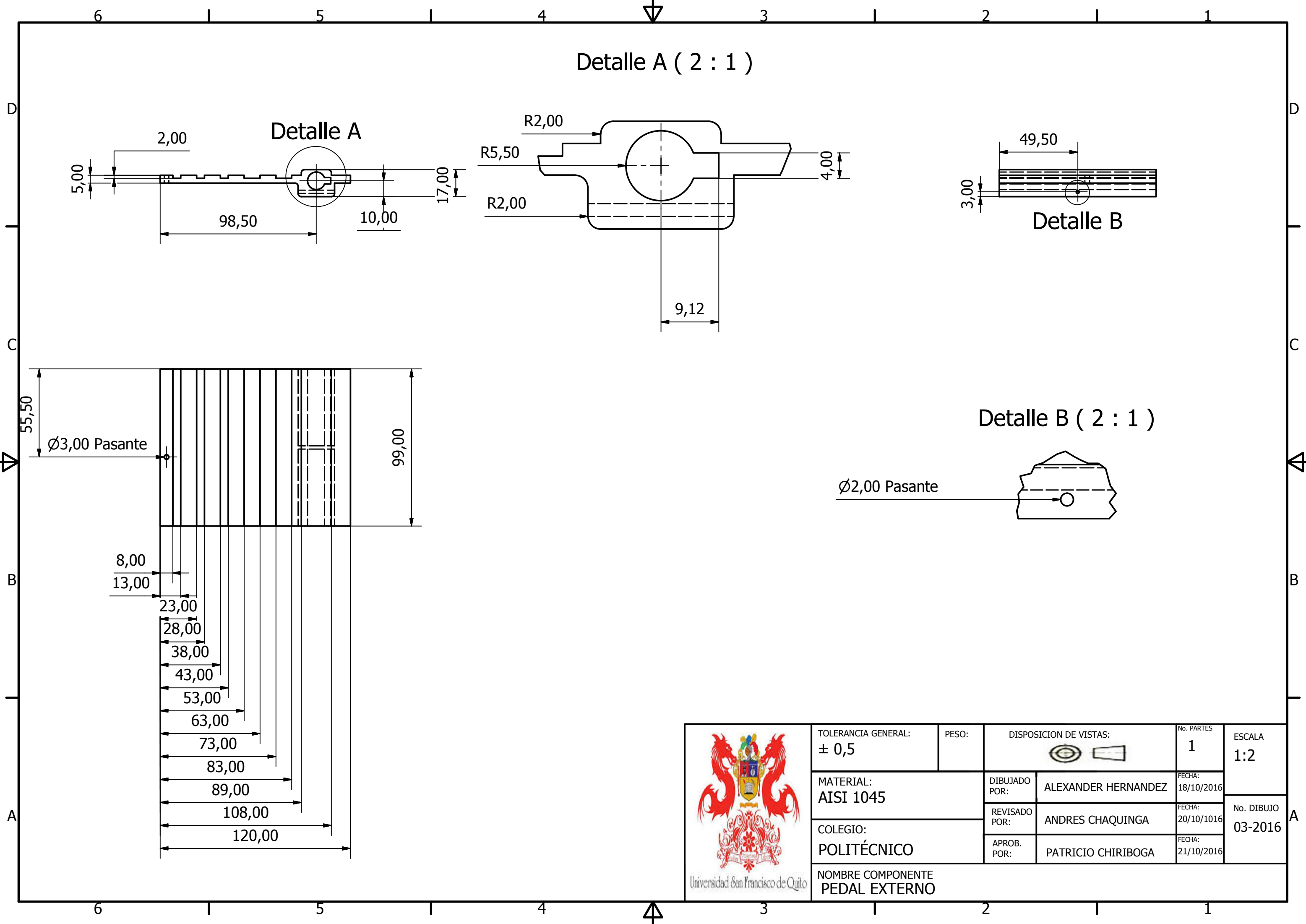
$\varnothing 15,00 \begin{smallmatrix} +0,000 \\ -0,002 \end{smallmatrix}$



G-G (2 : 1)



 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL:	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS:		No. PARTES	ESCALA 2:1
	$\pm 0,5$		 		1	
	MATERIAL:	DIBUJADO POR:	ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA:	19/10/2016	No. DIBUJO 02-2016
	AISI 1018	REVISADO POR:	ANDRES CHAQUINGA	FECHA:	20/10/1016	
COLEGIO:	APROB. POR:	PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA:	21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE EJE CENTRAL						



Detalle A (2 : 1)

Detalle A

Detalle B

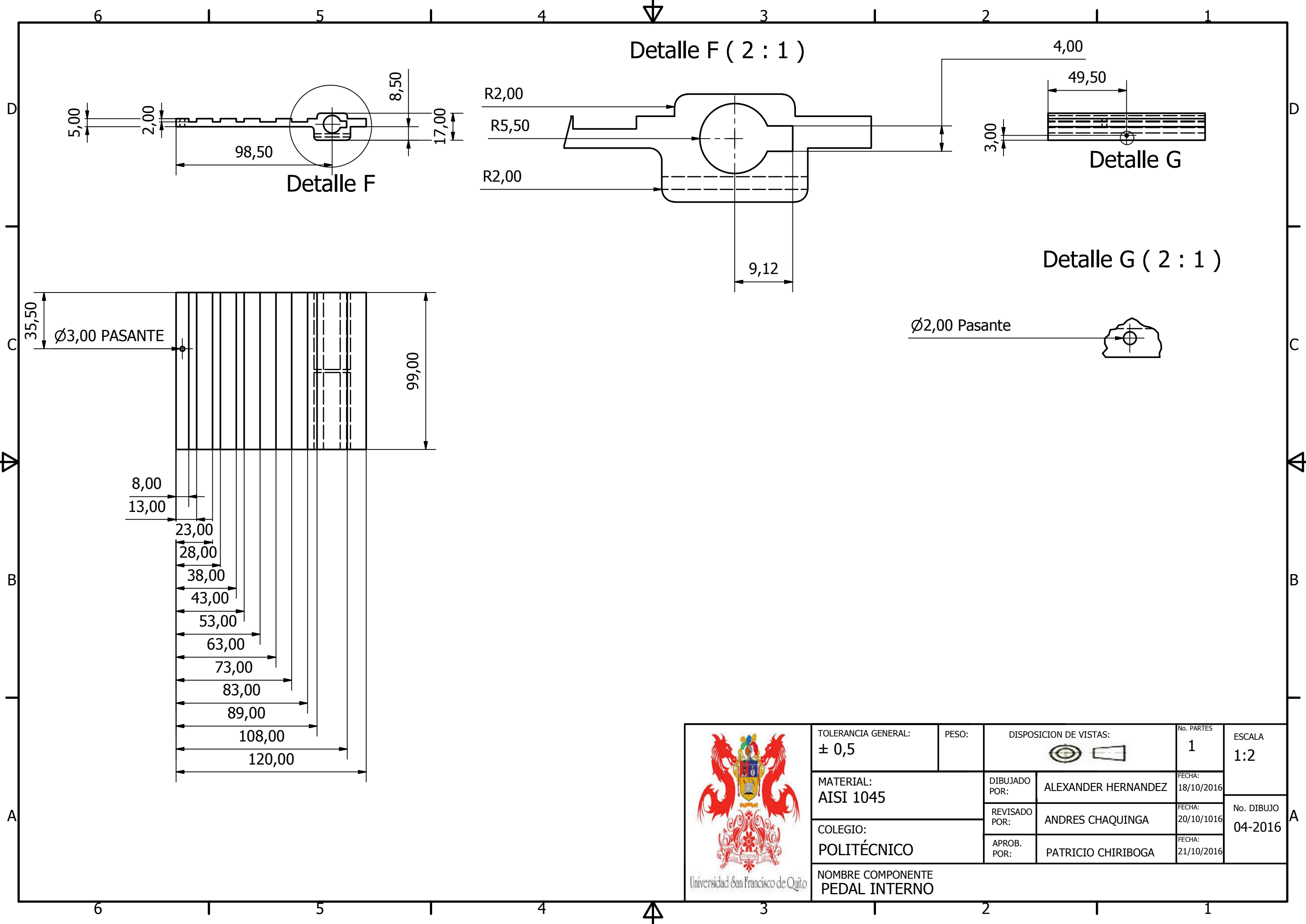
Detalle B (2 : 1)

Ø2,00 Pasante

Ø3,00 Pasante

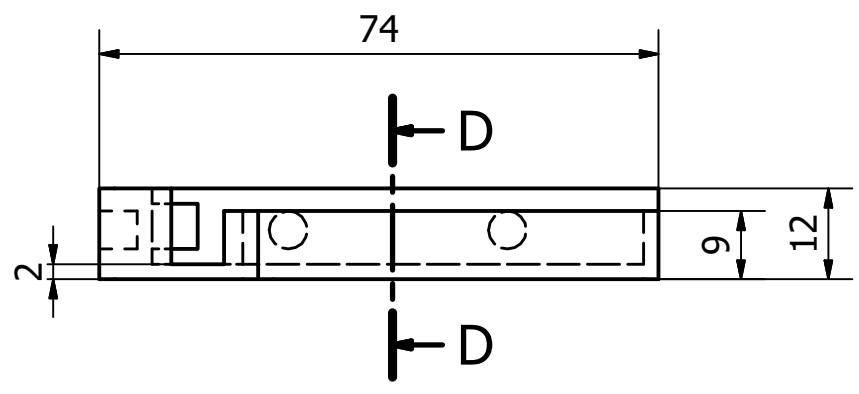
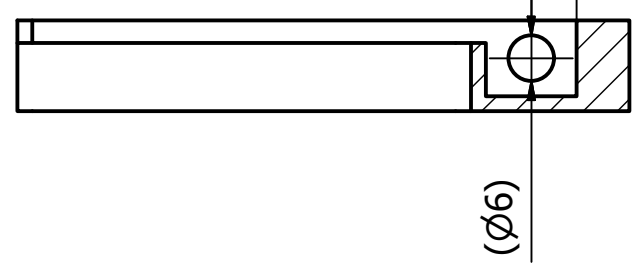


TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 		No. PARTES 1	ESCALA 1:2
		MATERIAL: AISI 1045	DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 18/10/2016	
		COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/2016	No. DIBUJO 03-2016
			APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016	
NOMBRE COMPONENTE PEDAL EXTERNO					

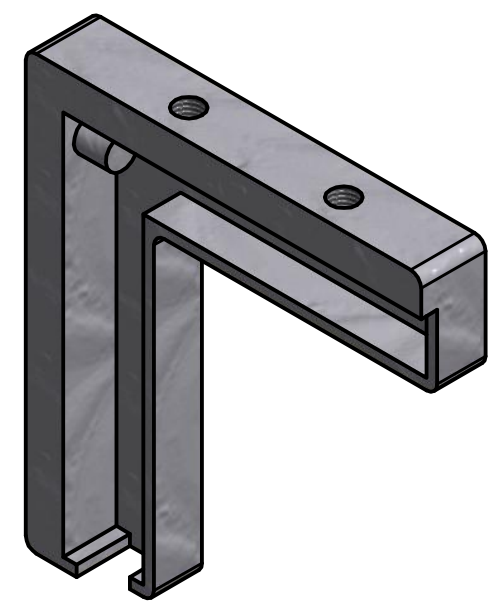
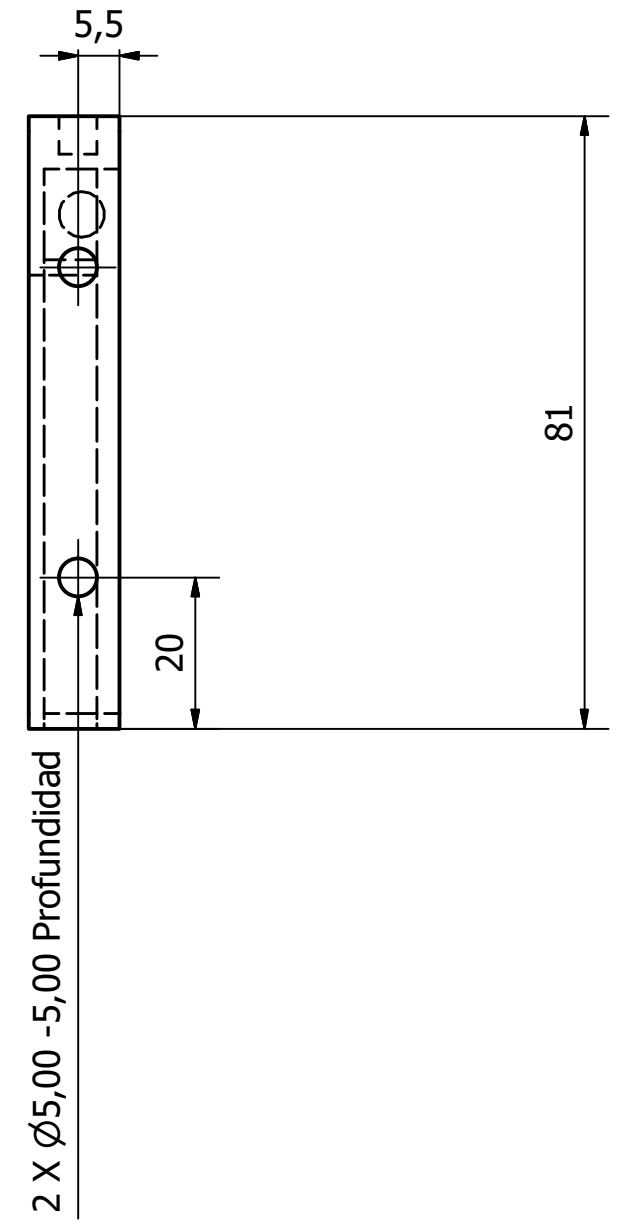
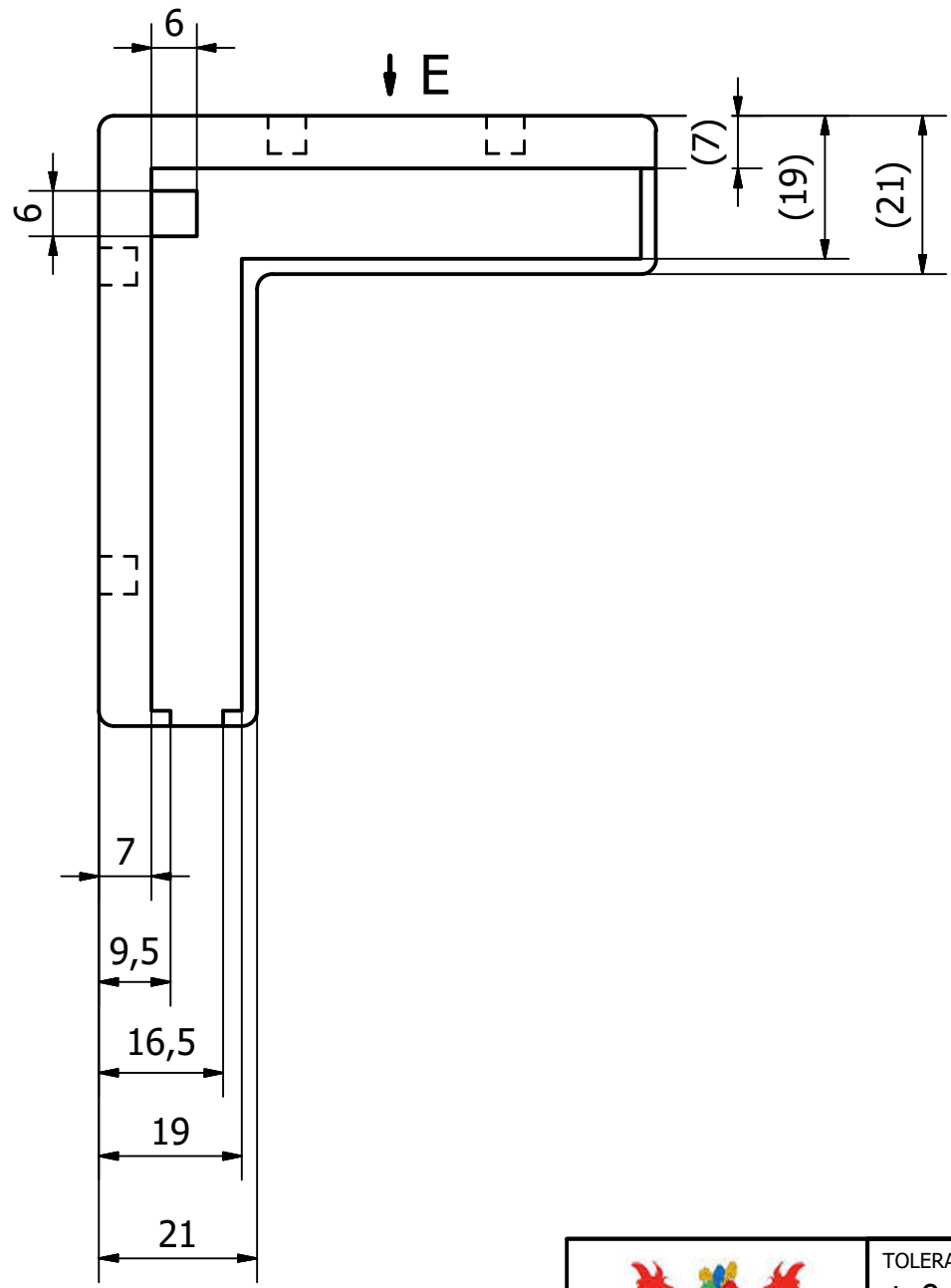
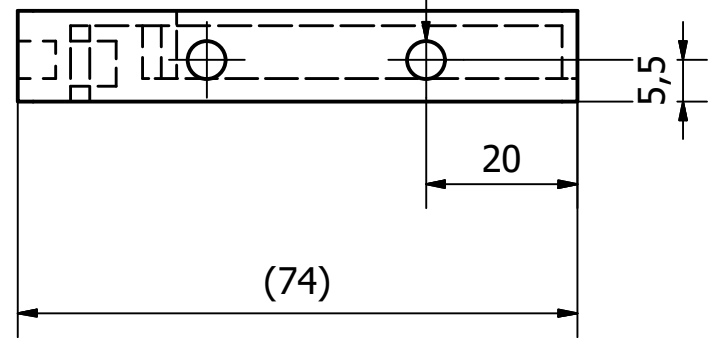


 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL:	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS:	No. PARTES	ESCALA 1:2
	± 0,5			1	
	MATERIAL:	DIBUJADO POR:	ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA:	No. DIBUJO 04-2016
	AISI 1045	REVISADO POR:	ANDRES CHAQUINGA	20/10/2016	
COLEGIO:	APROB. POR:	PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA:		
POLITÉCNICO			21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE PEDAL INTERNO					

D-D (1:1)

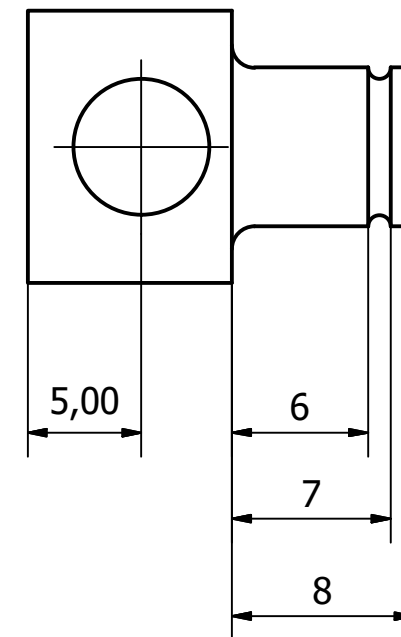
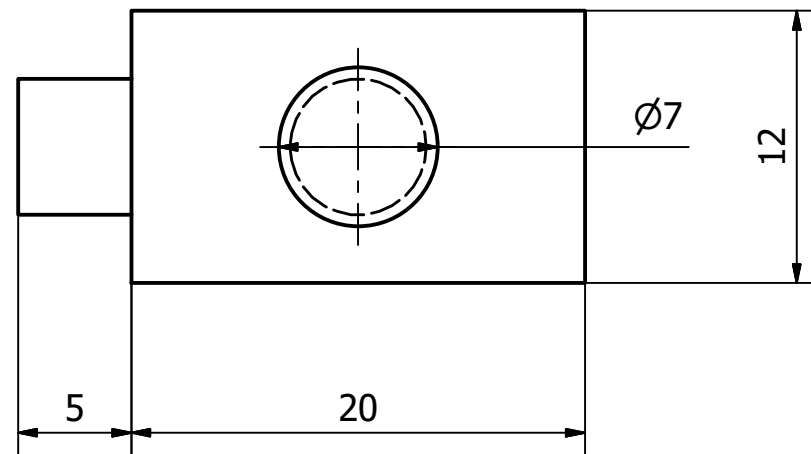
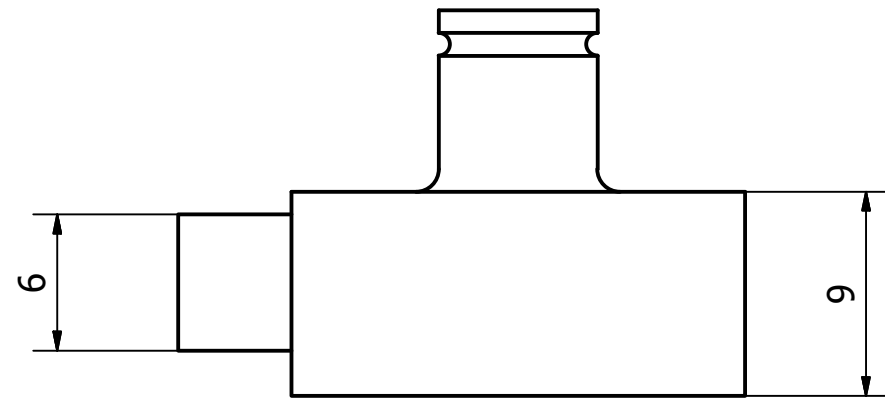
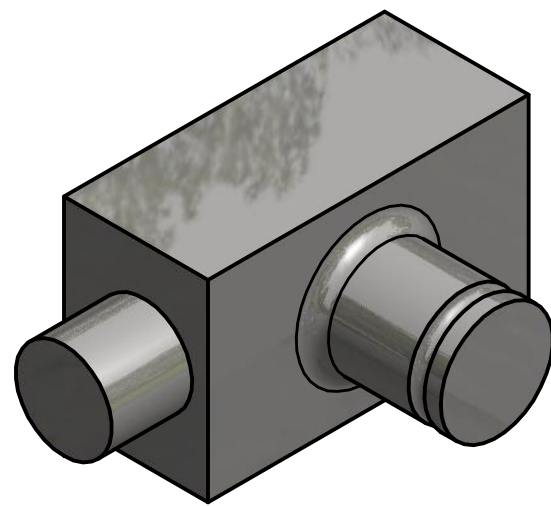


E (1:1)



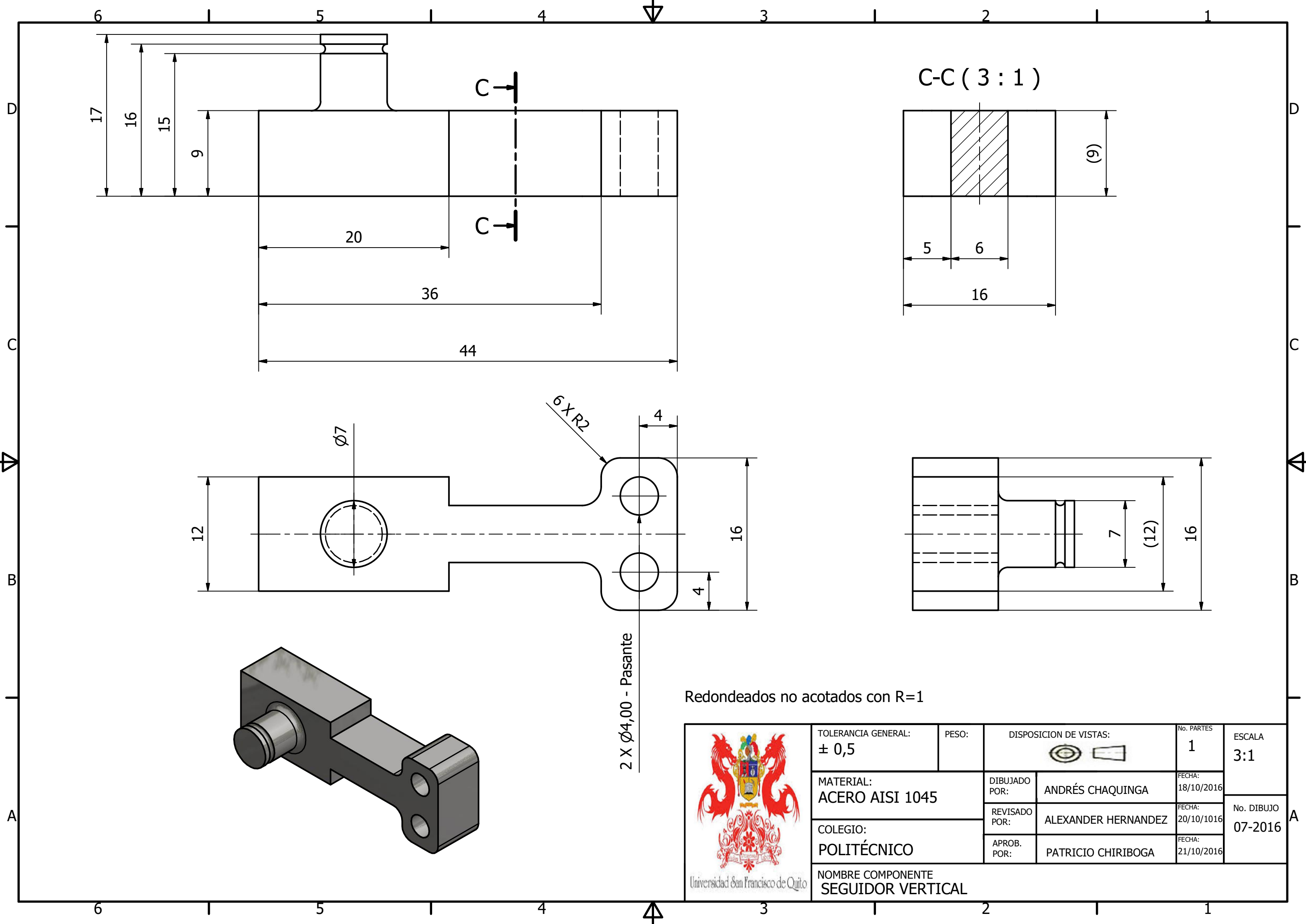
Redondeados con R=2

 <p>Universidad San Francisco de Quito</p>	TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 	No. PARTES 1	ESCALA 1:1
	MATERIAL: ALUMINIO 6061	DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 05-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/1016		
	NOMBRE COMPONENTE PISTA	APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		



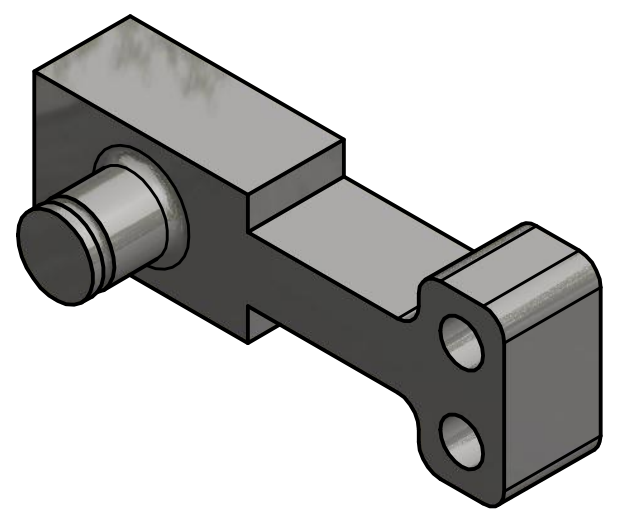
Redondeados con R=1

	TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 	No. PARTES 1	ESCALA 3:1
	MATERIAL: ACERO AISI 1045	DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 06-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/2016		
		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE SEGUIDOR HORIZONTAL					



2 X Ø4,00 - Pasante

Redondeados no acotados con R=1



 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL:	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS:	No. PARTES	ESCALA 3:1
	± 0,5			1	
	MATERIAL:	DIBUJADO POR:	ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA:	No. DIBUJO 07-2016
	ACERO AISI 1045	REVISADO POR:	ALEXANDER HERNANDEZ	20/10/2016	
COLEGIO:	APROB. POR:	PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA:		
POLITÉCNICO			21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE SEGUIDOR VERTICAL					

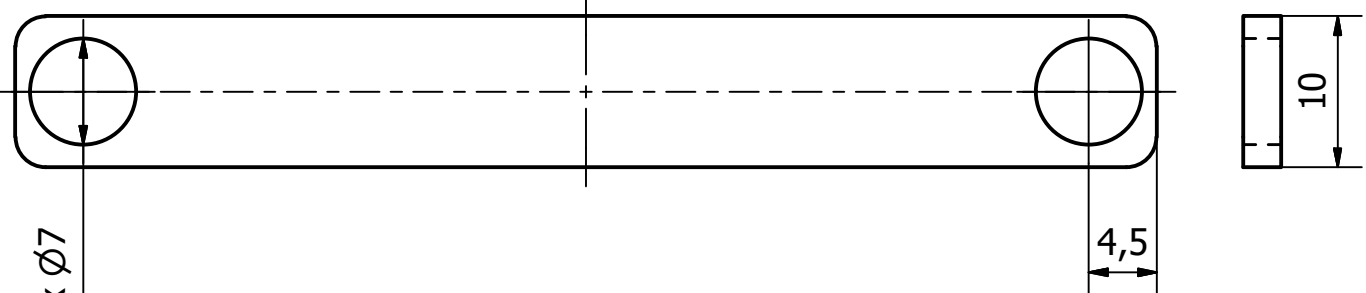
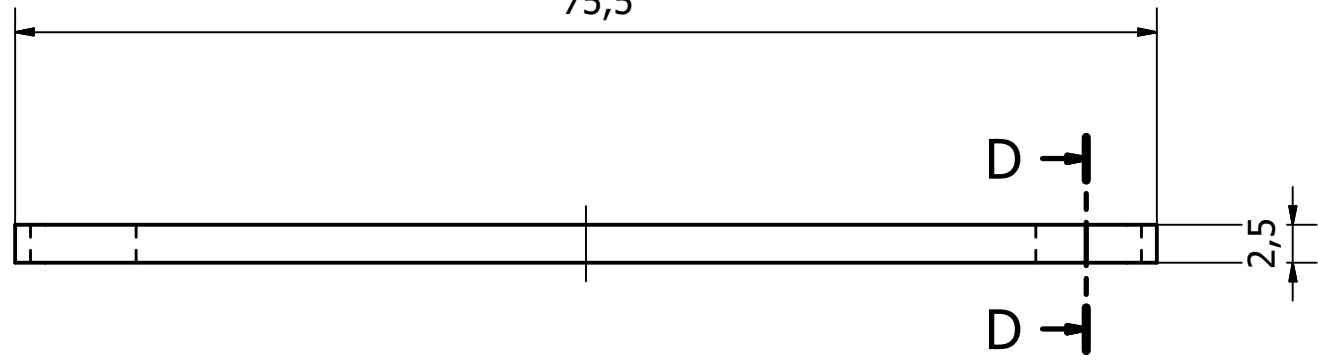


75,5

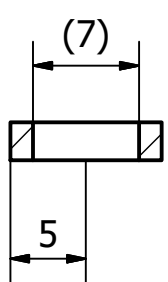
D

D

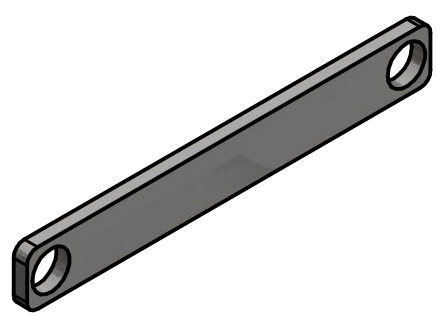
2,5



D-D (2 : 1)

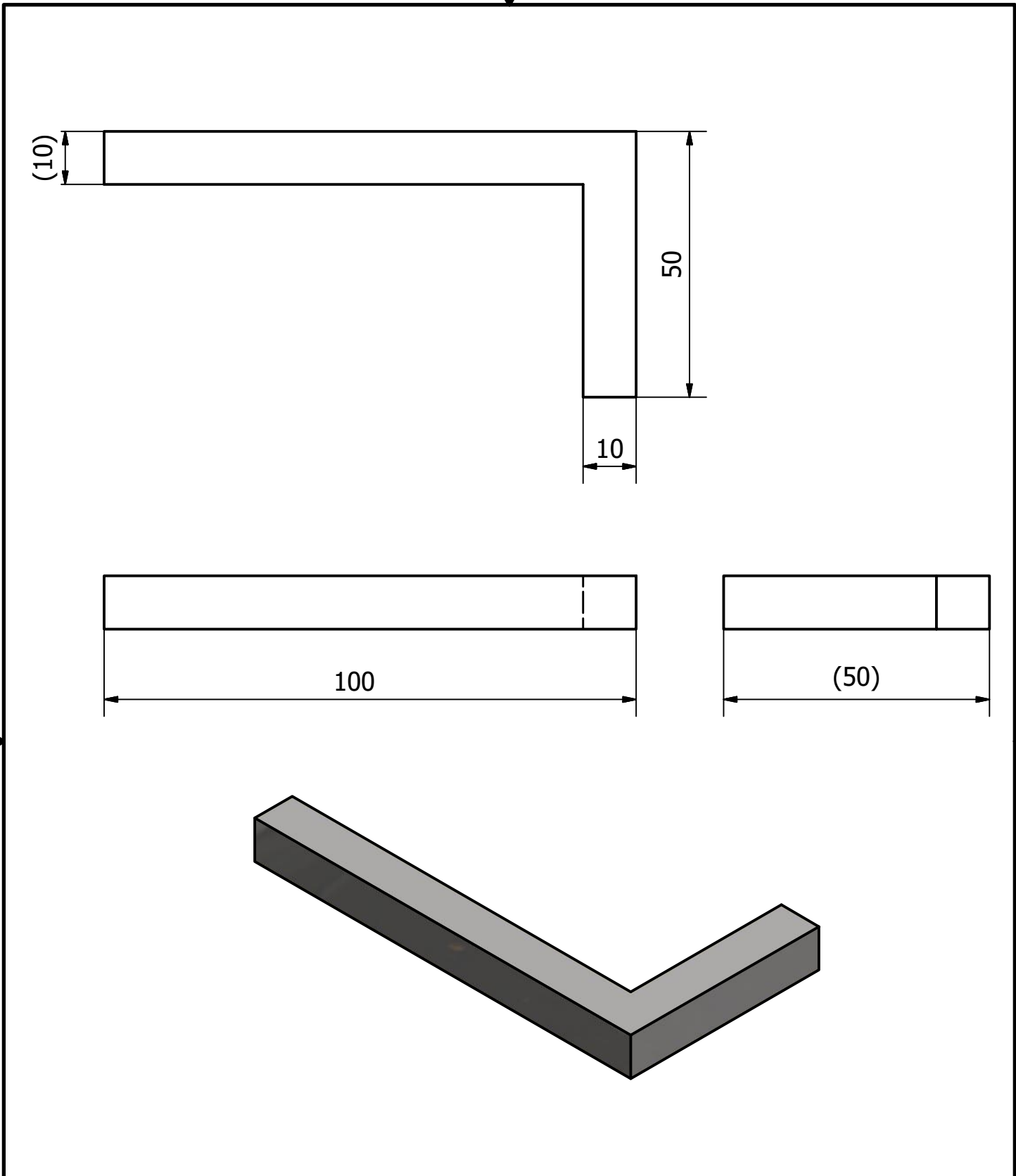


Redondeados con R=2

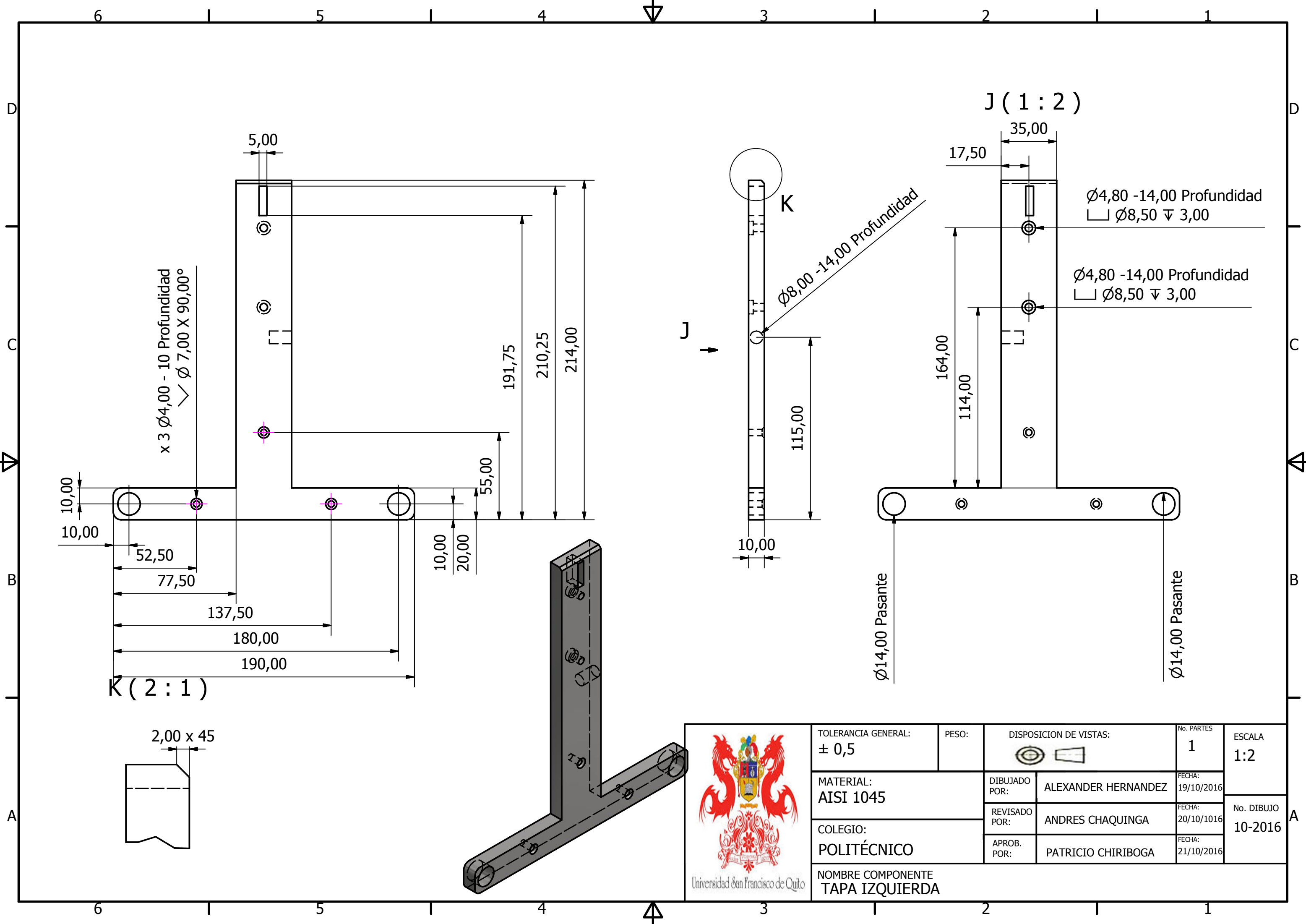


Universidad San Francisco de Quito

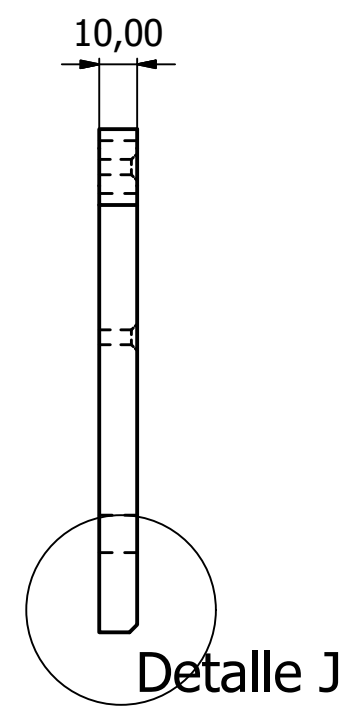
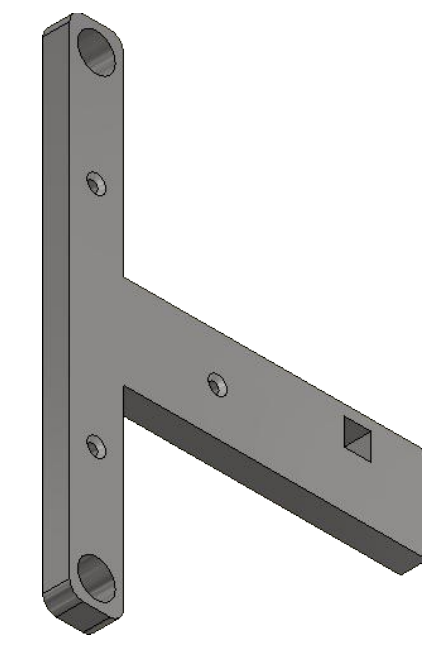
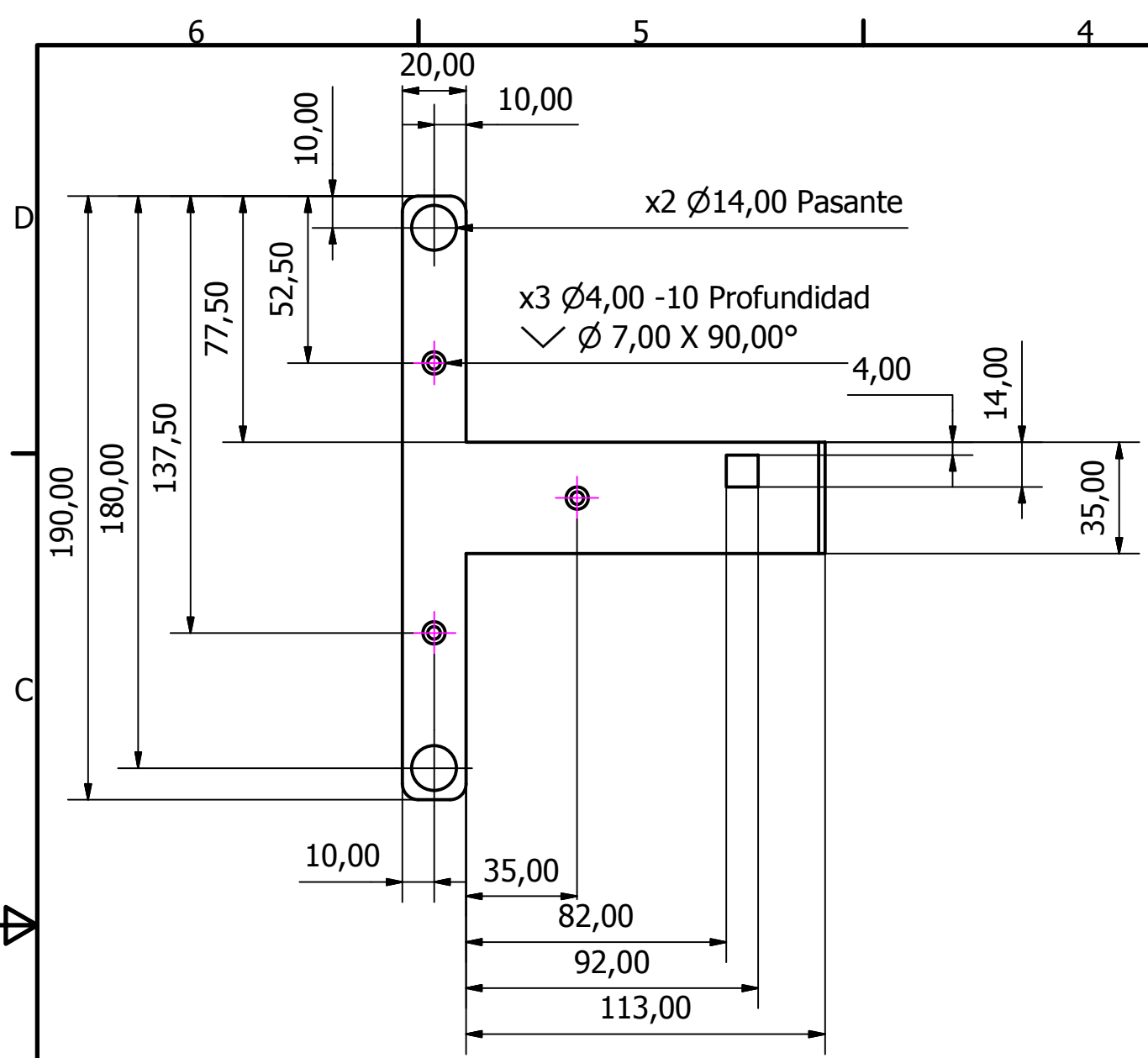
TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 		No. PARTES 1	ESCALA 2:1
MATERIAL: ACERO AISI 1045		DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 08-2016	
COLEGIO: POLITÉCNICO		REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/1016		
NOMBRE COMPONENTE BARRA		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		



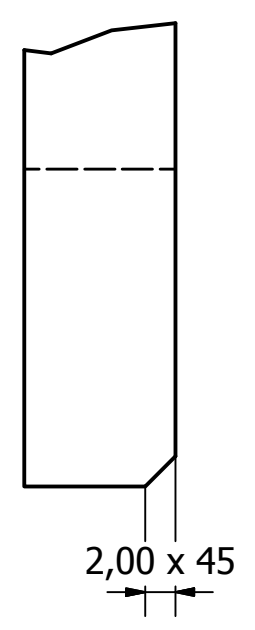
 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 		No. PARTES 1	ESCALA 1:1
	MATERIAL: ACERO AISI 1045		DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 09-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO		REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/1016		
	NOMBRE COMPONENTE SEGURO		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		


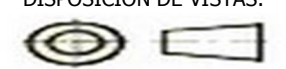


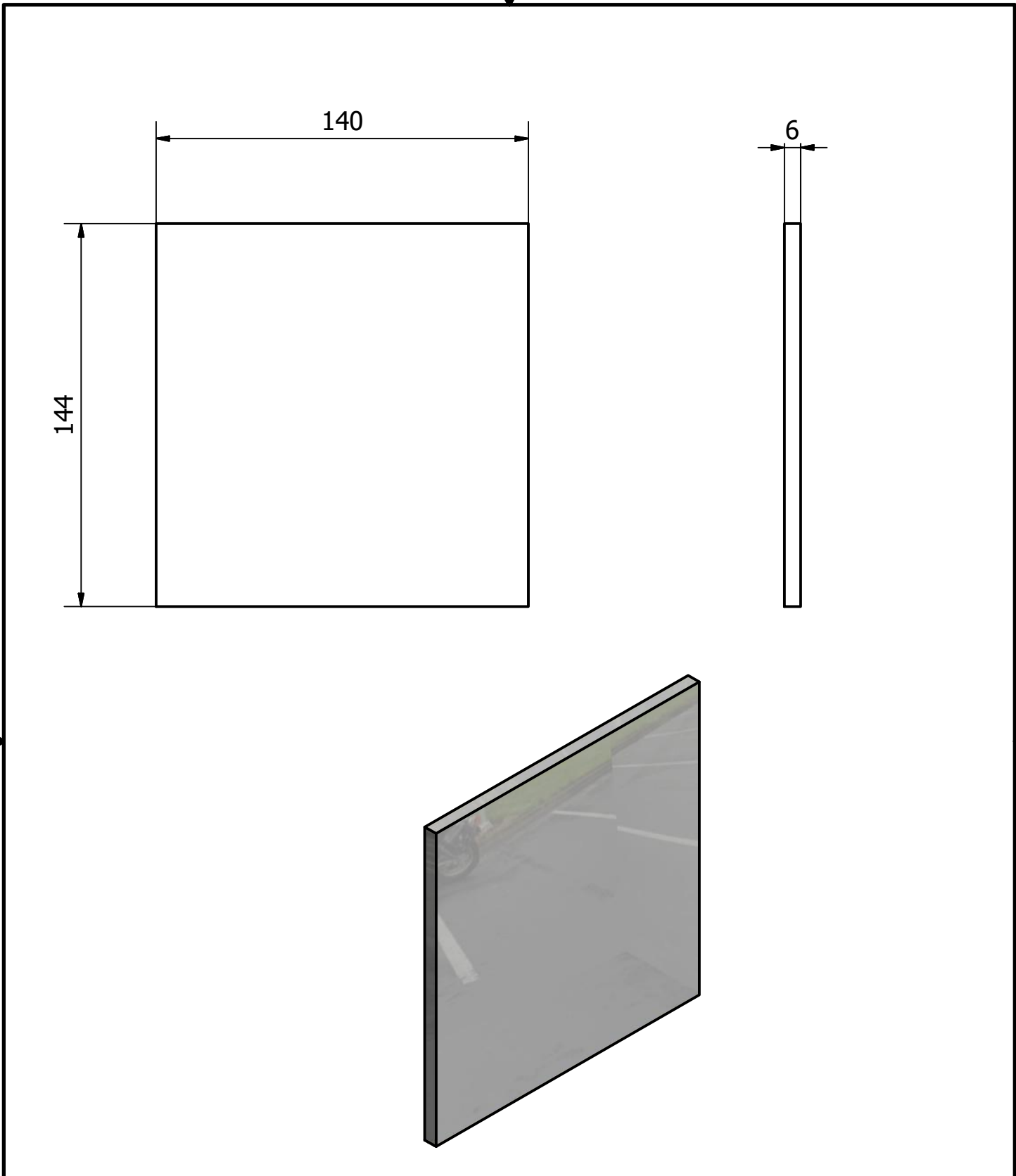
 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL:	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS:	No. PARTES	ESCALA 1:2
	$\pm 0,5$		 	1	
	MATERIAL:	DIBUJADO POR:	ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA:	No. DIBUJO 10-2016
	AISI 1045	REVISADO POR:	ANDRES CHAQUINGA	20/10/2016	
COLEGIO:	APROB. POR:	PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA:		
POLITÉCNICO			21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE TAPA IZQUIERDA					



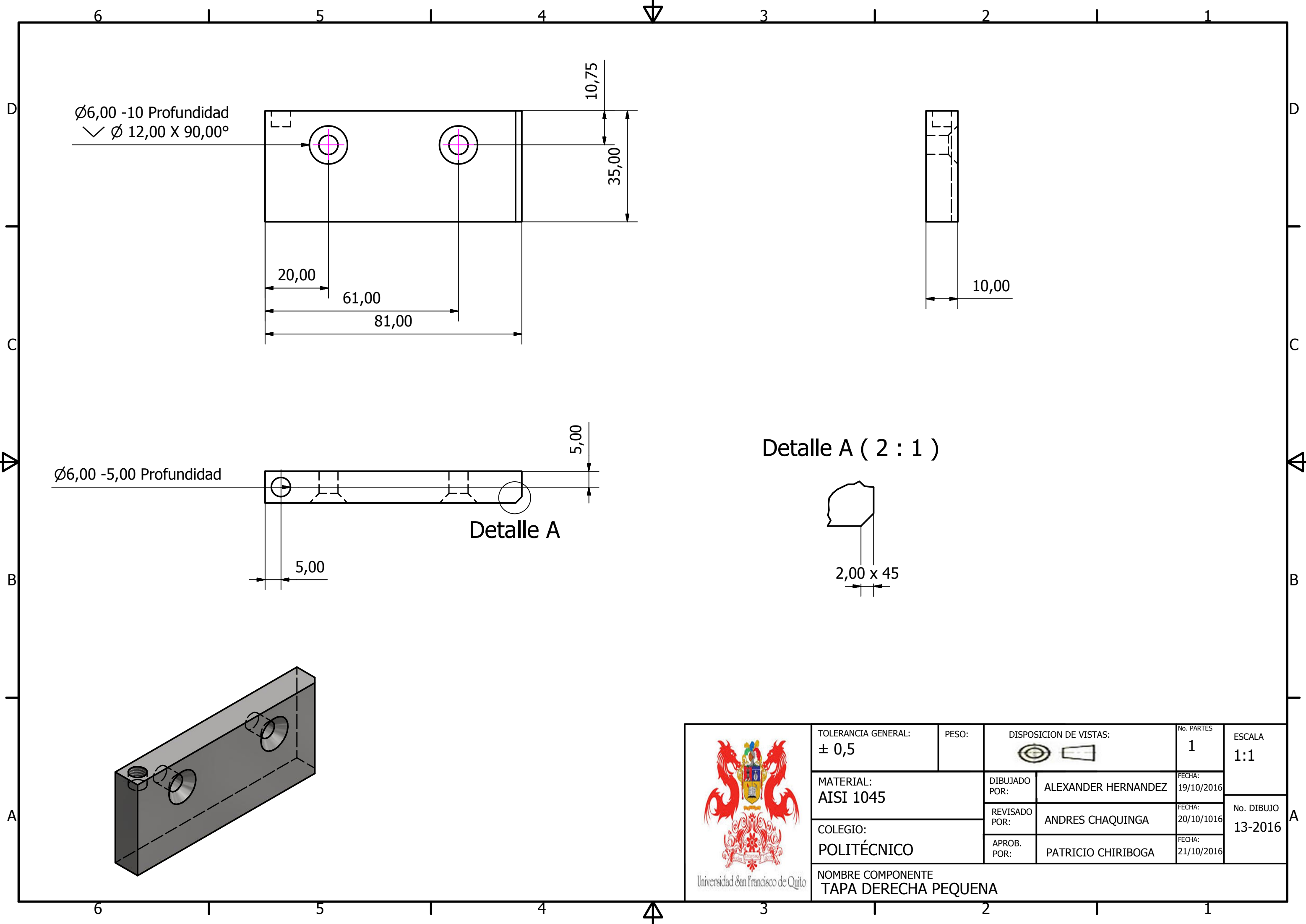
Detalle J (2 : 1)




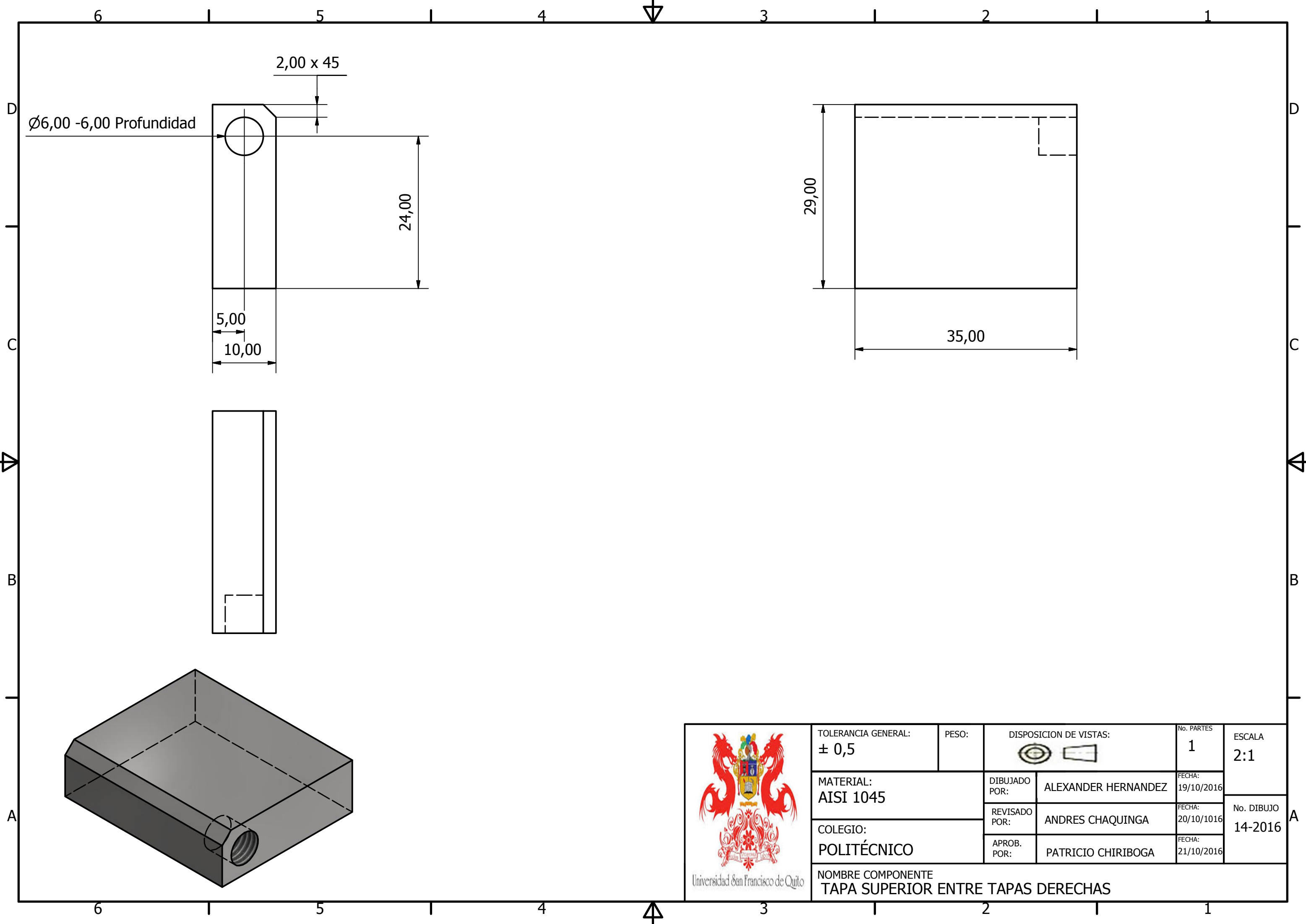
 <p>Universidad San Francisco de Quito</p>	TOLERANCIA GENERAL: ± 0,5	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 	No. PARTES 1	ESCALA 1:2
	MATERIAL: AISI 1045	DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 19/10/2016	No. DIBUJO 11-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/2016		
		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE TAPA DERECHA GRANDE					



 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 		No. PARTES 1	ESCALA 1:2
	MATERIAL: ALUMINIO 6061		DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 12-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO		REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/1016		
	NOMBRE COMPONENTE TAPA EXTERNA		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		



 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 	No. PARTES 1	ESCALA 1:1
	MATERIAL: AISI 1045	DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 19/10/2016	No. DIBUJO 13-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/2016		
	NOMBRE COMPONENTE TAPA DERECHA PEQUENA	APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		



Ø6,00 -6,00 Profundidad

2,00 x 45

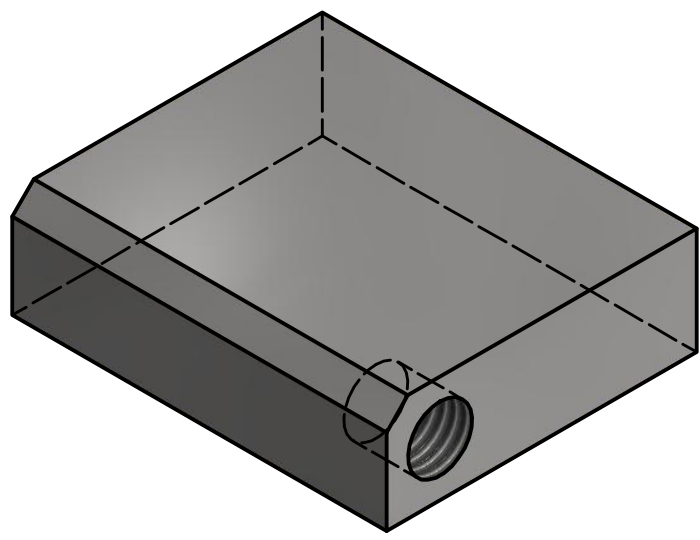
24,00

5,00

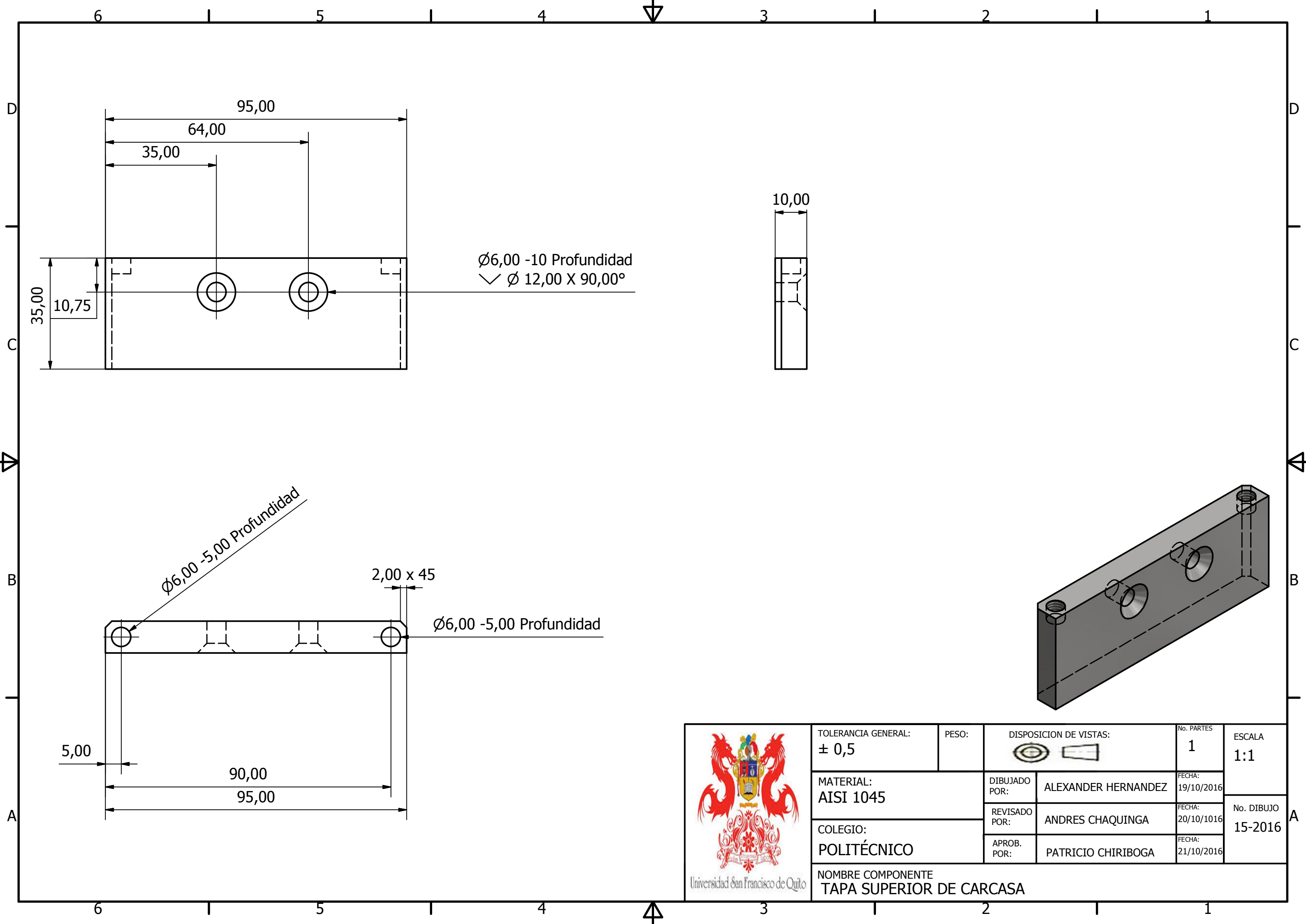
10,00

29,00

35,00



 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: ± 0,5	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 	No. PARTES 1	ESCALA 2:1
	MATERIAL: AISI 1045	DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 19/10/2016	No. DIBUJO 14-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/1016		
	NOMBRE COMPONENTE TAPA SUPERIOR ENTRE TAPAS DERECHAS	APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		



Ø6,00 -10 Profundidad
 ✓ Ø 12,00 X 90,00°

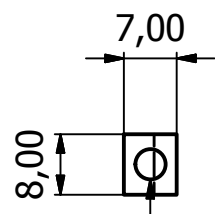
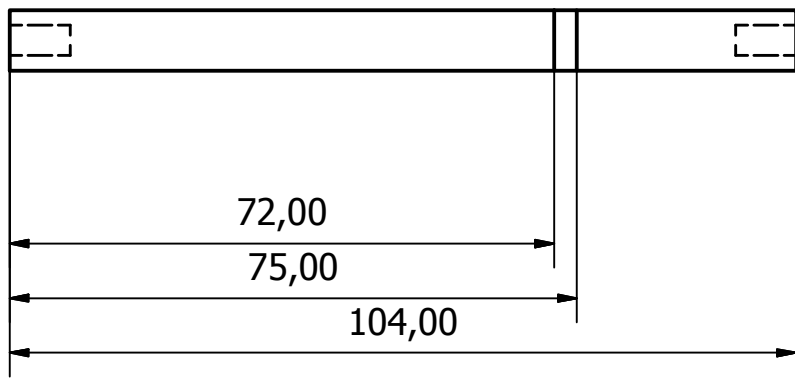
Ø6,00 -5,00 Profundidad

Ø6,00 -5,00 Profundidad

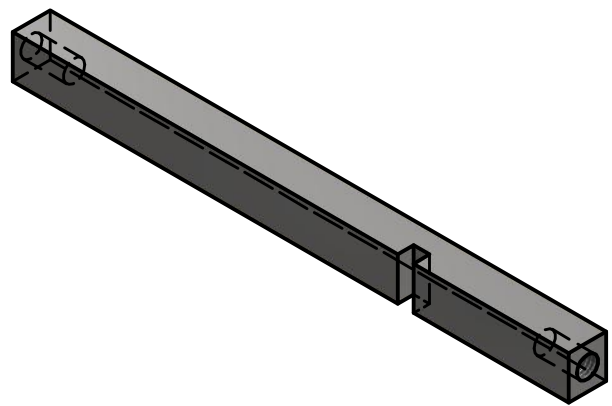
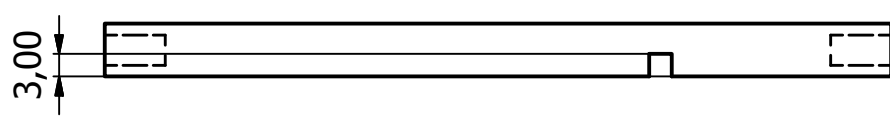


Universidad San Francisco de Quito

TOLERANCIA GENERAL: ± 0,5	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 		No. PARTES 1	ESCALA 1:1
MATERIAL: AISI 1045		DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 19/10/2016	No. DIBUJO 15-2016	
COLEGIO: POLITÉCNICO		REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/2016		
		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE TAPA SUPERIOR DE CARCASA					

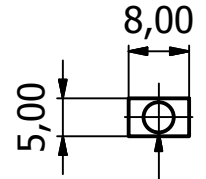
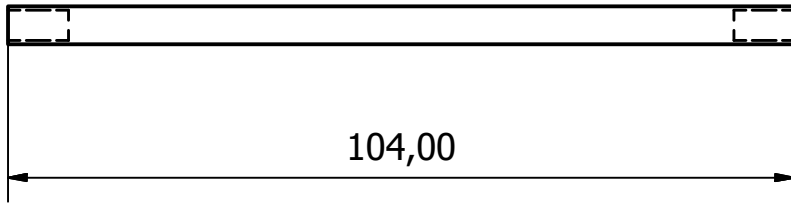


x2 Ø4,00 -8,00 Profundidad

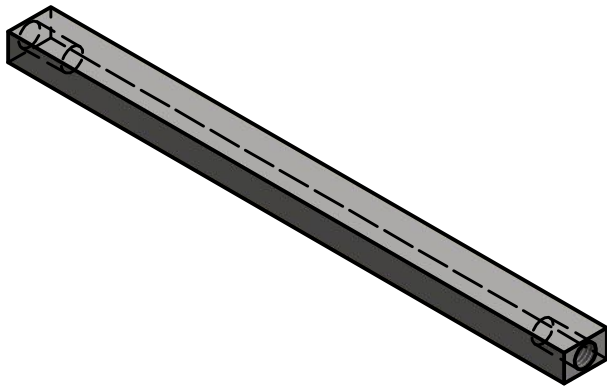


Universidad San Francisco de Quito

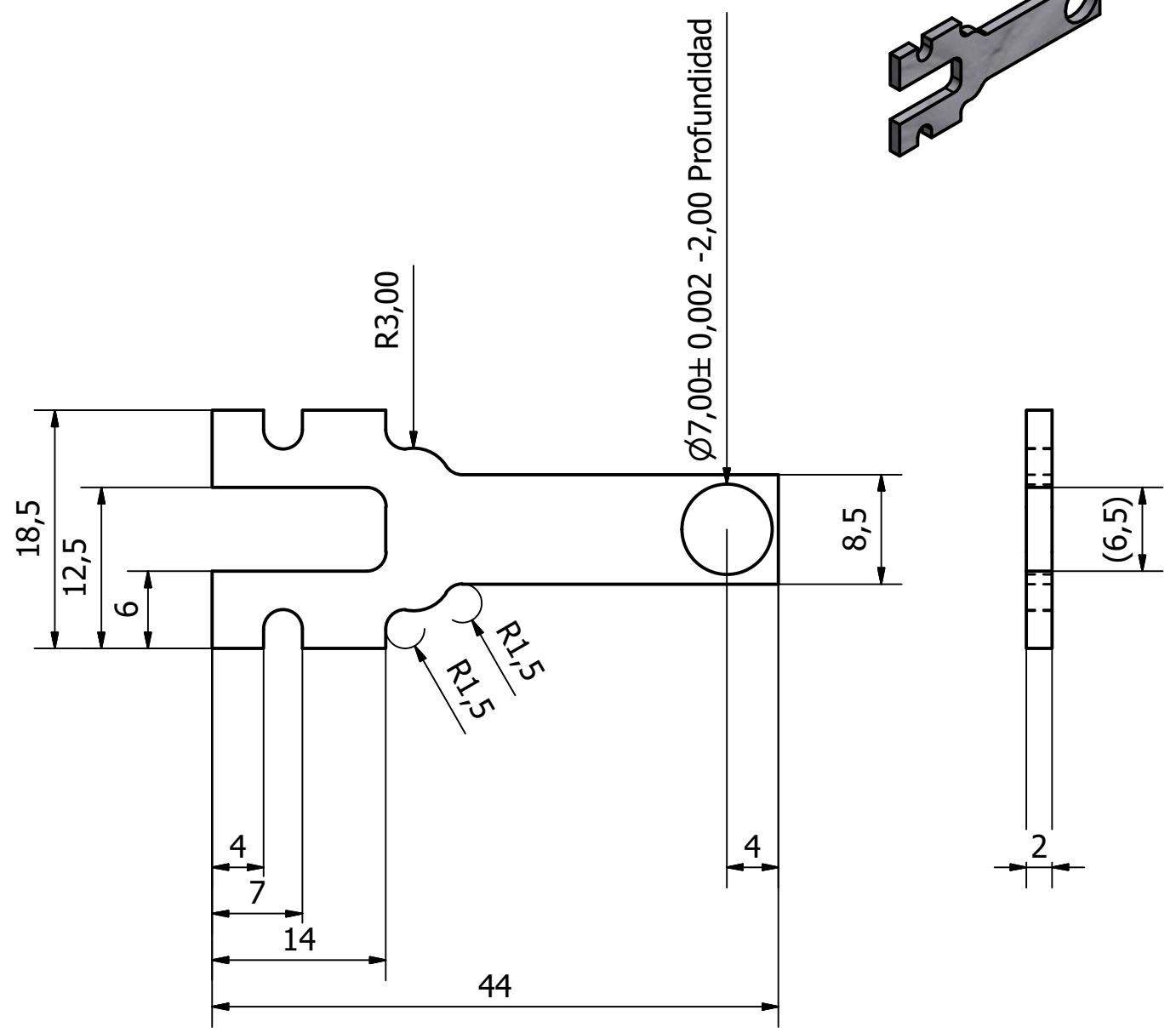
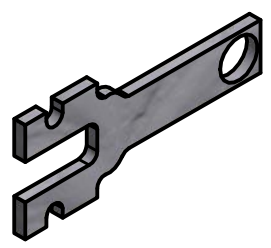
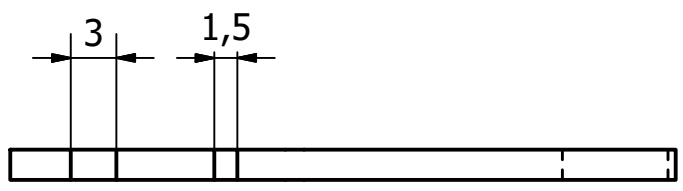
TOLERANCIA GENERAL: ± 0,5	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 		No. PARTES 1	ESCALA 1:1
MATERIAL: AISI 1045		DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 16-2016	
		REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/1016		
COLEGIO: POLITÉCNICO		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		
		NOMBRE COMPONENTE DESCANSO RESORTE DE TORSION			



x2 Ø4,00 -8,00 Profundidad





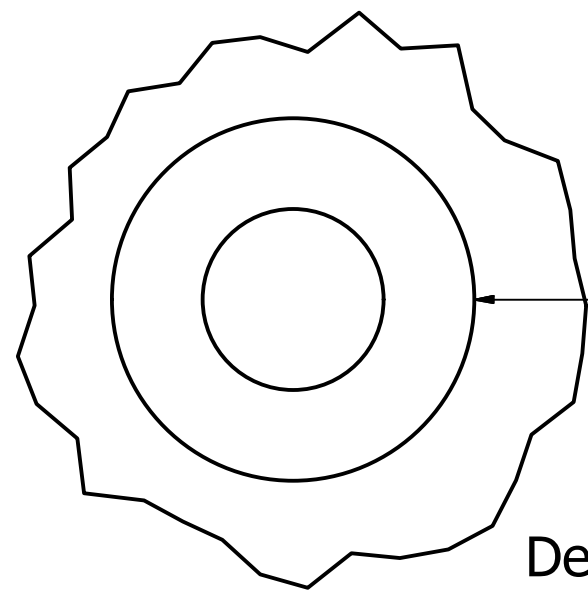
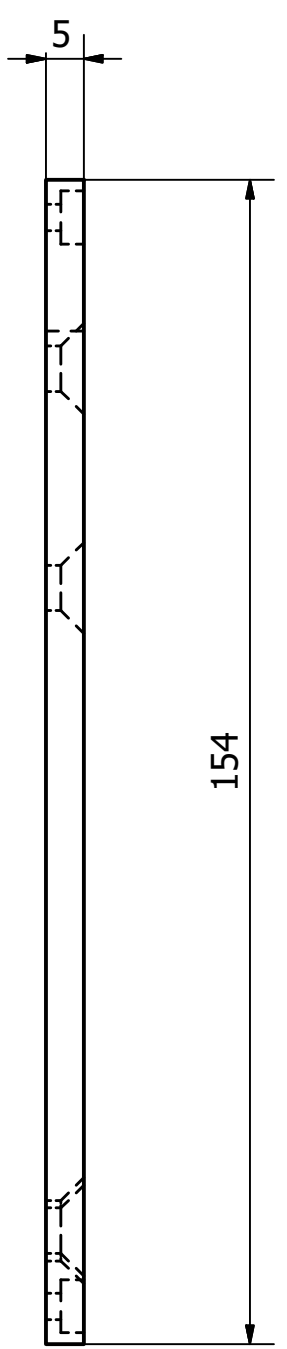
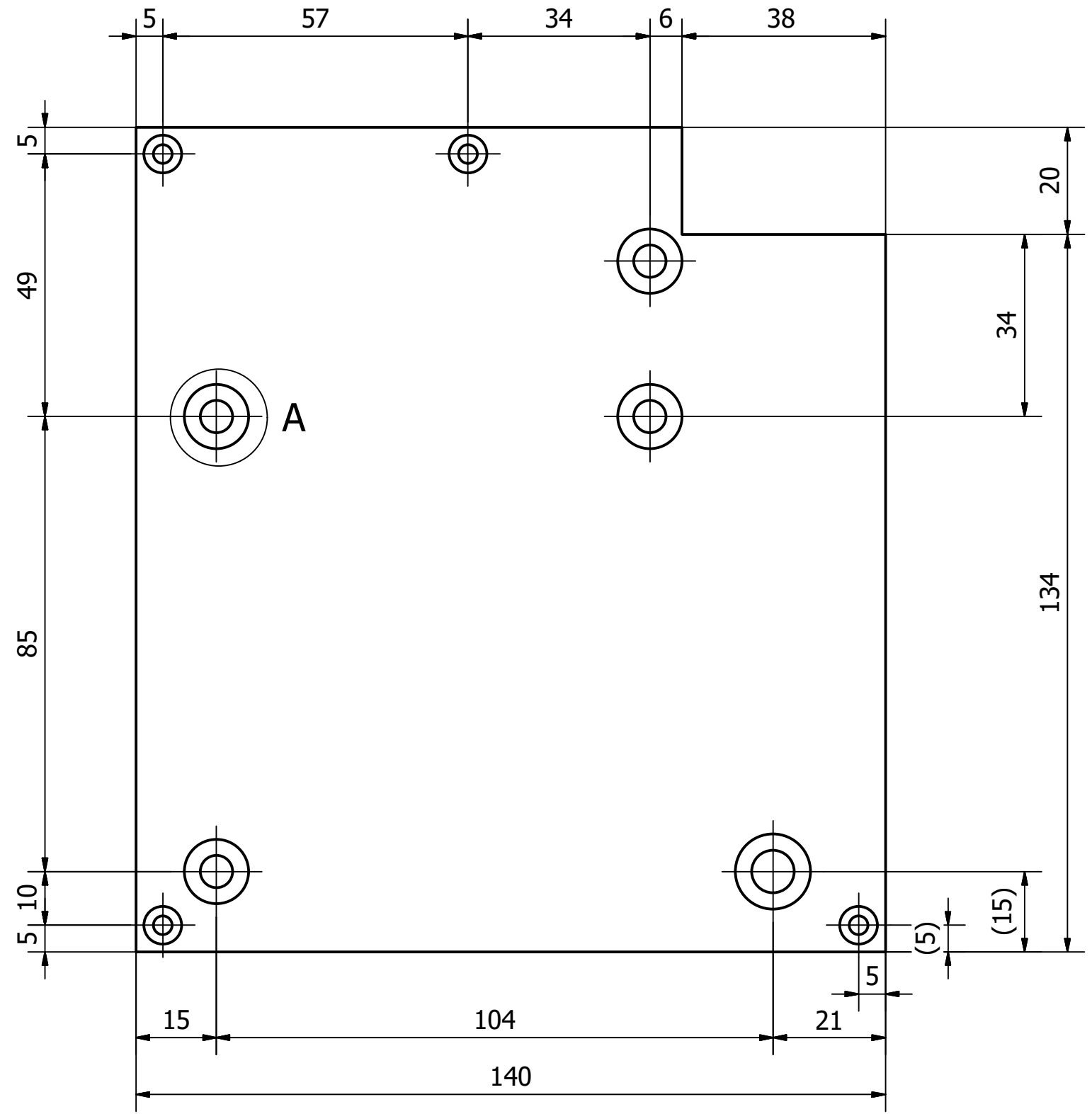
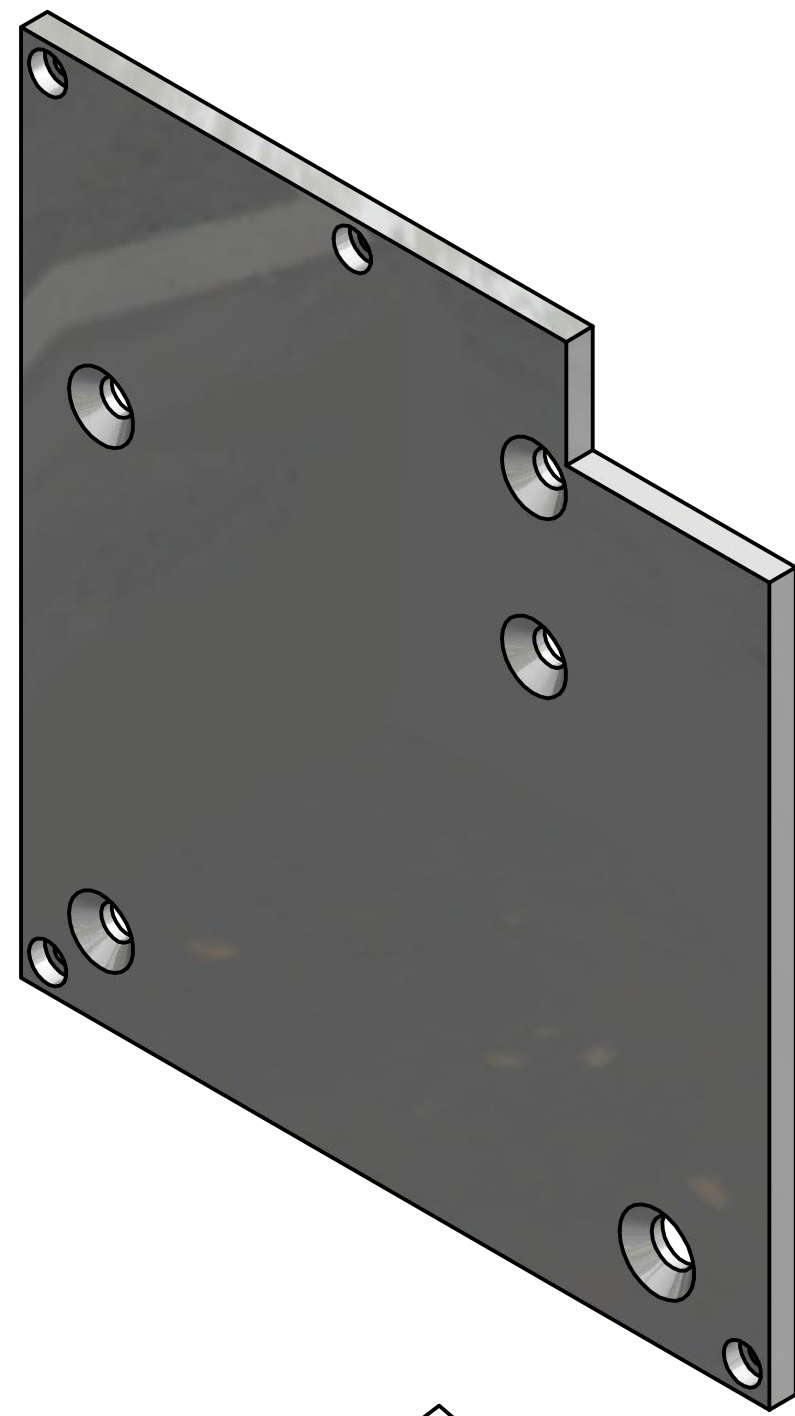
 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: ± 0,5	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS:  		No. PARTES 1	ESCALA 1:1
	MATERIAL: AISI 1045		DIBUJADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 17-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO		REVISADO POR: ANDRES CHAQUINGA	FECHA: 20/10/2016		
	NOMBRE COMPONENTE DESCANSO PEDALES		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		



Redondeados no acotados con R=1.5



TOLERANCIA GENERAL: ± 0,5	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS:  		No. PARTES 1	ESCALA 1:1
MATERIAL: ALUMINIO 6061	COLEGIO: POLITÉCNICO	DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO 18-2016	
		REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/1016		
		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016		
NOMBRE COMPONENTE ACOPLE CERROJO					



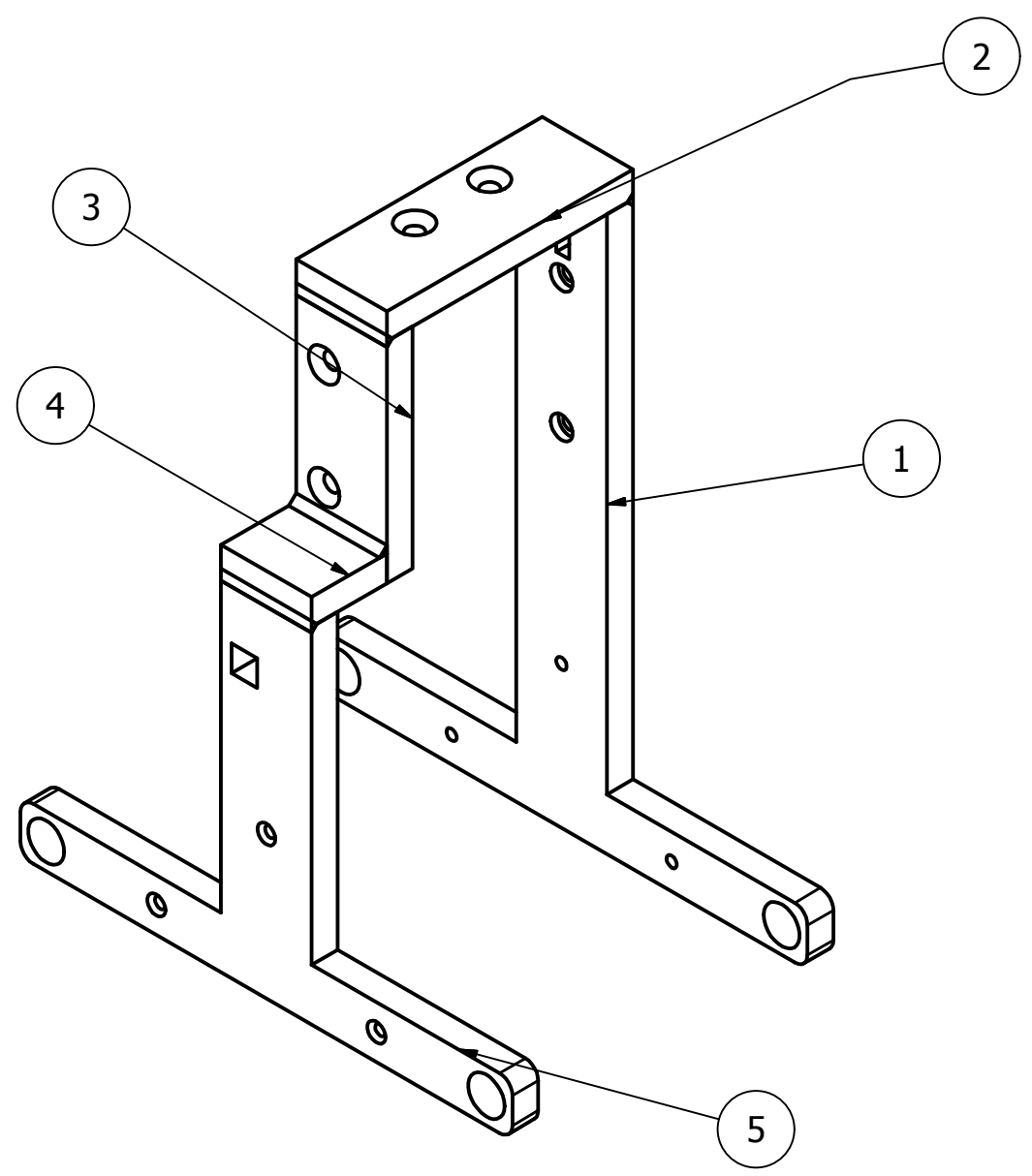
5 X Ø6,00 -5,00 Profundidad
 ✓ Ø 12,00 X 90,00°

Detalle A (4 : 1)

 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: ± 0,5		PESO:	DISPOSICION DE VISTAS:  		No. PARTES 1	ESCALA 1:1
	MATERIAL: ALUMINIO 6061		DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016		No. DIBUJO 19-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO		REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/1016			
	NOMBRE COMPONENTE TAPA INTERNA		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA	FECHA: 21/10/2016			

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

D
C
B
A



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Tapa izquierda	
2	1	Tapa superior de carcasa	
3	1	Tapa derecha pequeña	
4	1	Tapa superior entre tapas derechas	
5	1	Tapa derecha grande	

 Universidad San Francisco de Quito	TOLERANCIA GENERAL: $\pm 0,5$	PESO:	DISPOSICION DE VISTAS: 	No. PARTES 1	ESCALA 1:2
	MATERIAL: ACERO AISI 1045	DIBUJADO POR: ANDRÉS CHAQUINGA	FECHA: 18/10/2016	No. DIBUJO C01-2016	
	COLEGIO: POLITÉCNICO	REVISADO POR: ALEXANDER HERNANDEZ	FECHA: 20/10/1016		
	NOMBRE COMPONENTE ENSAMBLE CARCASA		APROB. POR: PATRICIO CHIRIBOGA		FECHA: 21/10/2016

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1