



AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA INVESTIGACIÓN COMPORTAMIENTO DE
SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS.



PRESENTADO POR

JUAN PABLO SILVA ZAMBRANO
Código. 100413010694
jpzambrano@unicauca.edu.co

UNIVERSIDAD DEL CAUCA. FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL.
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA.
POPAYÁN.
2018.



AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA INVESTIGACIÓN COMPORTAMIENTO
DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS.



Informe final de la práctica profesional para optar al título de ingeniero civil

PRESENTADO POR

JUAN PABLO SILVA ZAMBRANO.
Código. 100413010694.
jpzambrano@unicauca.edu.co

DIRECTOR DE PASANTÍA

FERNEY QUIÑONES
SINISTERRA.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA. FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL.

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA.

POPAYÁN.

2018.



Nota de aceptación:

El director y el jurado de la Práctica Profesional “AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA INVESTIGACIÓN COMPORTAMIENTO DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS” realizada por Juan Pablo Silva Zambrano, una vez evaluado el informe final y la sustentación del mismo, autorizan al estudiante para que desarrolle las gestiones administrativas para optar por el título de Ingeniero Civil.

Ing. FERNEY QUIÑONES SINISTERRA
Director de Pasantía

Jurado

Jurado

Popayán, ____ de Noviembre de 2018.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1. JUSTIFICACIÓN	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. General	9
2.2. Específicos	9
3. EMPRESA RECEPTORA	10
4. COMPROMISOS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR	11
4.1. Por parte de la empresa	11
4.2. Por parte del pasante	11
5. SUPERVISIÓN	12
5.1. Por parte de la Universidad de Cauca	12
5.2. Por parte de la Empresa	12
6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	13
7. ACTIVIDADES Y RESULTADOS OBTENIDOS	14
8. ANEXOS	36
9. CONCLUSIONES	37



LISTA DE FIGURAS Y TABLAS.

- Figura 1. Placa contenedora de muestra.
- Figura 2. Placa inferior que permite el movimiento.
- Figura 3. Placa superior que permite el movimiento y drenaje.
- Figura 4. Tapa del recipiente.
- Figura 5. Pistón para aplicar carga vertical.
- Figura 6. Sello lateral.
- Figura 7. Sello superior.
- Figura 8. Placa para restringir el movimiento horizontal.
- Figura 9. Empalme carro pequeño-motor.
- Figura 10. Empalme placa inferior-motor.
- Figura 11. Tapa intermedia.
- Figura 12. Recipiente.
- Figura 13. Empalme suelo-celda 1.
- Figura 14. Empalme suelo-celda 2.
- Figura 15. Celda de carga.
- Figura 16. Carro grande.
- Figura 17. Carro pequeño.
- Figura 18. Riel para carro grande.
- Figura 19. Riel para carro pequeño.
- Figura 20. Foto del filtro en perfil.
- Figura 21. Foto del filtro en planta.



Figura 22. Foto de racores.

Figura 23. Foto de balineras.

Figura 24. Foto de prueba de las placas contenedoras.

Figura 25. Foto de la varilla de aplicación de carga vertical con aditamento para deformímetro.

Figura 26. Foto de la parte superior del sistema de aplicación de carga vertical.

Figura 27. Foto de perfil del sistema de aplicación de carga vertical.

Figura 28. Foto frontal del sistema de aplicación de carga vertical.

Figura 29. Foto de perfil del sistema de aplicación de carga horizontal.

Figura 30. Montaje piezas interiores.

Tabla 1. Recopilación de los artículos consultados.



INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, a partir del año 2001 implementó el trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil y el consejo de facultad mediante la resolución N° 820 del 14 de octubre de 2014 dieron la posibilidad de que los estudiantes mediante la modalidad de práctica profesional o pasantía puedan realizar su trabajo de grado, haciendo énfasis y aportes a una actividad de la ingeniería civil, esto con ayuda de los conocimientos que se han adquirido durante la carrera.

La propuesta del anteproyecto consiste en una práctica profesional desarrollando labores como auxiliar de ingeniería en la Universidad de los Andes de la ciudad de Bogotá, empresa en la que se ofrece la oportunidad de participar de forma continua y constante en la adecuación del equipo de corte simple a uno multidireccional, y de esta manera evaluar suelos derivados de cenizas volcánicas para su futura caracterización. Estas actividades permitirán que se profundice sobre diferentes procesos ejecutados en laboratorio y se aprenda a desarrollar una supervisión técnica a los mismos, además de evaluar la calidad de los resultados obtenidos.

De esta manera se garantizará que los resultados obtenidos en esta práctica satisfagan los objetivos esperados, permitiendo adquirir la experiencia necesaria para el futuro desempeño profesional, aplicando activamente los conocimientos y criterios desarrollados a lo largo del periodo de aprendizaje universitario.



1. JUSTIFICACIÓN

La participación en este proyecto de investigación permite adquirir un mayor entendimiento sobre el ensayo de corte multidireccional, que sirve para evaluar muestras de suelo bajo condiciones críticas (por ejemplo simular un terremoto), las cuales deben ser empleadas para caracterizar suelos donde se puedan presentar, este es el caso de Popayán que posee una amenaza sísmica alta, y adicionalmente presenta suelos derivados de cenizas volcánicas en sus cercanías. Adicionalmente la investigación sobre este tipo de suelos es relativamente reciente y aún se desconocen ciertas características de su comportamiento, por esta razón es importante entender cómo se comportan dichos suelos bajo diferentes condiciones de carga y succión, y de esta manera saber qué usos se les puede dar en el campo de la ingeniería civil.

El desarrollo de la pasantía permite aprovechar al máximo los conocimientos adquiridos sobre suelos, además de continuar el proceso formativo y adquirir un mayor conocimiento acerca de las etapas que conforman un proyecto, la calidad de los suelos, los procesos y sus controles; para obtener de esta forma una visión más amplia del campo de la ingeniería civil.



2. OBJETIVOS

2.1. General

Apoyar la investigación sobre suelos derivados de cenizas volcánicas.

2.2. Específicos

- 2.2.1. Adecuar el equipo de corte simple a uno capaz de realizar un corte multidireccional en suelos derivados de cenizas volcánicas.
- 2.2.2. Generar el modelo inicial del equipo de corte multidireccional.



3. EMPRESA RECEPTORA



Nombre: Universidad de los Andes.

Fundada el 16 de noviembre de 1948 por un grupo de jóvenes liderado por Mario Laserna Pinzón, la Universidad de los Andes es la primera institución de educación superior privada en Colombia de carácter laico e independiente de los partidos políticos, ajena a defender los intereses de algún grupo social o económico.

La universidad de los Andes es una institución autónoma, independiente e innovadora que propicia el pluralismo, la tolerancia y el respeto de las ideas; además, busca la excelencia académica e imparte a sus estudiantes una formación crítica y ética para afianzar en ellos la conciencia de sus responsabilidades sociales y cívicas, así como su compromiso con el entorno.

Dirección: Carrera 1 Este No. 19A-40.

Ciudad: Bogotá Cundinamarca Colombia.

Teléfonos: 3394949

Correo: info.ingenieria@uniandes.edu.co

Grupo de Investigación en Geomateriales y Sistemas de Infraestructura – GeoSI.

Actividad: Investigación del comportamiento de suelos derivados de cenizas volcánicas.

Director del proyecto: Bernardo Caicedo Hormaza.



4. COMPROMISOS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR

4.1 Por parte de la empresa

- Suministrar el material y el espacio necesarios para la adecuación del equipo de corte simple a multidireccional.
- Dirigir, coordinar y suministrar el acompañamiento técnico por medio de los profesionales que laboren en la investigación para la ejecución adecuada de los ensayos.

4.2 Por parte del pasante

- Recolectar información sobre equipos de corte multidireccional.
- Realizar las adecuaciones necesarias al equipo.
- Generar el modelo inicial del equipo.
- Realizar informes mensuales y final con base en las actividades desarrolladas en el proyecto.



5. SUPERVISIÓN

5.1 Por parte de la Universidad de Cauca

La Universidad del Cauca y específicamente la Facultad de Ingeniería Civil asignarán a la pasantía un director, quien desempeñará entre otras funciones las de asesorar, supervisar, revisar y evaluar mediante informes el avance y desarrollo de la pasantía. Como sugerencia y habiendo consultado previamente con el profesor Ferny Quiñones Sinistrerra, perteneciente al Departamento de Geotecnia de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, se propone como director.

5.2 Por parte de la Empresa

De igual manera la entidad receptora asignará un director de pasantía el cual desempeñará entre otras funciones las de jefe y supervisor directo; además, brindará la asesoría necesaria; éste será el Ingeniero Bernardo Caicedo Hormaza.



7. ACTIVIDADES Y RESULTADOS OBTENIDOS

En el siguiente informe se plasma el trabajo realizado durante la pasantía, detallando las actividades realizadas que justifican el cumplimiento de los objetivos establecidos en el anteproyecto, y adicionalmente mencionar los conocimientos aprendidos en este tiempo, los cuales serán útiles en la vida profesional.

La primer actividad realizada durante estos meses fue la recolección de información, la cual consistió en buscar en diferentes bases de datos artículos relacionados con cortes multidireccionales en suelos, ya sea que describieran el ensayo o la maquinaria utilizada; con el fin de obtener un mayor entendimiento de la función del corte multidireccional para poder adecuar la máquina existente y así poder evaluar el comportamiento de los suelos derivados de cenizas volcánicas bajo condiciones extremas. En la Tabla 1 se muestra una recopilación de los artículos consultados más relevantes.

Tabla 1. Recopilación de los artículos consultados.

Número	Nombre	Año
1	Digitally controlled simple shear apparatus for dynamic soil testing	01/01/2007
2	Large simple shear testing of soft Bangkok clay stabilized with soil-cement-columns and its application	25/03/2016
3	An analytical approach for simple shear extrusion process with a linear die profile	02/06/2015
4	Simple shear is not so simple	27/05/2011
5	A model for multi-directional cyclic shear-induced pore water pressure and settlement on clays	07/01/2017
6	Evaluation of undrained shear strains in multi-directional horizontal shaking	07/02/2011
7	Multidirectional cyclic shearing of clays and sands: Evaluation of two bounding surface plasticity models	08/05/2018
8	Macro- and micromechanical evaluation of cyclic simple shear test by discrete element method	03/05/2016
9	Correlation of shear wave velocity with liquefaction resistance for silty sand based on laboratory study	13/08/2015
10	Variation of shear wave velocity of macao marine clay during secondary consolidation	13/08/2015
11	Cyclic simple shear tests on saturated sand in multi-directional loading.	03/1980.
12	Undrained deformation characteristics of sand in multi-directional shear.	03/1983.
13	Deformation prediction for anisotropic sand during the rotation of principal stress axes.	09/1986.



14	A three-dimensional stress-strain model of sand undergoing cyclic rotation of principal stress axes	04/2004.
15	Effective stress change and post-earthquake settlement properties of granular materials subjected to multi-directional cyclic simple shear.	10/2011.
16	Development of a multi-directional direct simple shear testing device for characterization of the cyclic shear response of marine clays.	05/2012.

La segunda actividad fue el diseño de las piezas necesarias para la adecuación de la máquina empleando el programa INVENTOR de Autodesk, el cual permite realizar diseños en 3D debidamente dimensionados para que posteriormente puedan ser llevados a un plano y que finalmente sean elaborados. Las piezas son de distintos materiales según su funcionalidad específica; por ejemplo, unas placas intermedias -que es donde estará la muestra de suelo- se deberán elaborar de acrílico y para disminuir la fricción entre éstas se empleará silicato de magnesio hidratado, materiales que han sido empleados en otras máquinas de corte multidireccional. En las siguientes Figuras se muestran las piezas diseñadas para la adecuación del equipo y una breve descripción de la función de cada una de ellas.

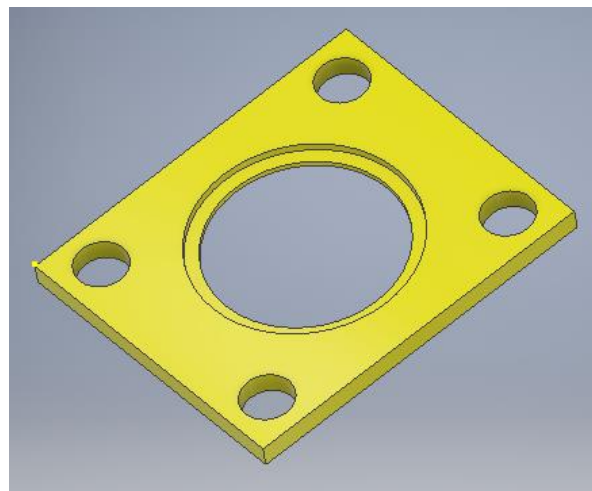


Figura 1. Placa contenedora de muestra.

Las placas contenedoras de muestra, como su nombre lo indica serán las encargadas de contener y transmitir la carga a la muestra del suelo durante el ensayo. Estas presentan un orificio central con una ranura como se muestra en la Fig. 1, esta ranura tiene como función disminuir la perturbación en la deformación que se presenta en el suelo, la cual se asemeja a una escalera, para obtener dicha disminución se deben rellenar los espacios entre placas con silicona, pero al realizar esto se generará una resistencia al movimiento horizontal, la cual se debe patronar para evitar alteraciones en los ensayos. Las placas también poseen 4 orificios en sus esquinas, estos están dispuestos para insertar una balinera en cada uno de ellos, las cuales pueden rotar 360° para permitir un movimiento más armónico entre las placas (8 placas serán las encargadas de contener el suelo).

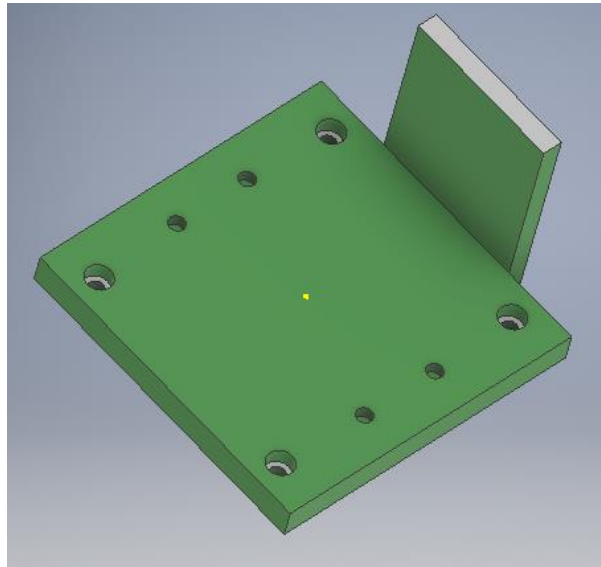


Figura 2. Placa inferior que permite el movimiento.

La placa inferior estará ajustada al carro inferior, y de esta manera al aplicarse una de las cargas horizontales el carro (Fig. 16) a la cual está ajustada se desplazará permitiendo que la carga se transmita hasta el suelo y genere esfuerzos en este, adicionalmente en esta también estará fijado el riel (Fig. 18) para el carro de la placa superior, que de igual manera servirá para la aplicación de la otra carga horizontal al suelo, la cual estará a 90° de la anterior. Finalmente esta placa se diseñó en forma de L para lograr que la carga fuera aplicada al mismo nivel al que se encuentra el suelo, de igual manera por esto la placa superior se diseñó de la misma forma.

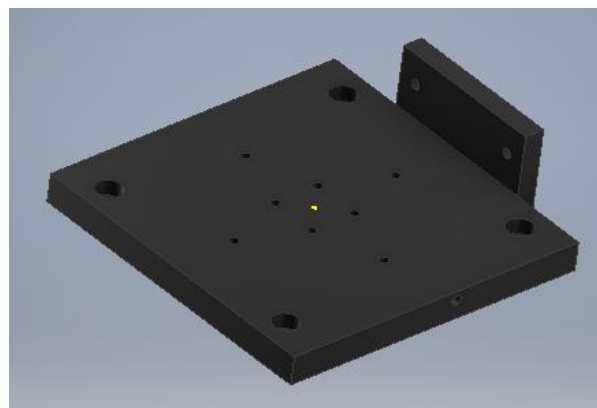


Figura 3. Placa superior que permite el movimiento y drenaje.

La placa superior estará fijada al carro de igual manera que la inferior para cumplir la misma función de transmitir la carga al suelo como se mencionó anteriormente, pero adicionalmente a esta tendrá fijado el sistema del filtro (Fig. 20 y 21 con una piedra porosa) el cual permitirá la salida de agua cuando se requiera o inyectarle una solución salina (esto se logrará por unos orificios laterales que presenta la placa superior en su base) para generarle una succión a la misma, y así poder tener



distintos ensayos. Finalmente en la parte vertical de la placa se aprecian dos orificios, los cuales sirven para fijar un pequeño riel para un carro adicional de menor tamaño, el cual es necesario porque al desplazarse la placa inferior se genera una excentricidad que afectaría la aplicación de la carga horizontal superior, y al tener este carro se soluciona este problema.

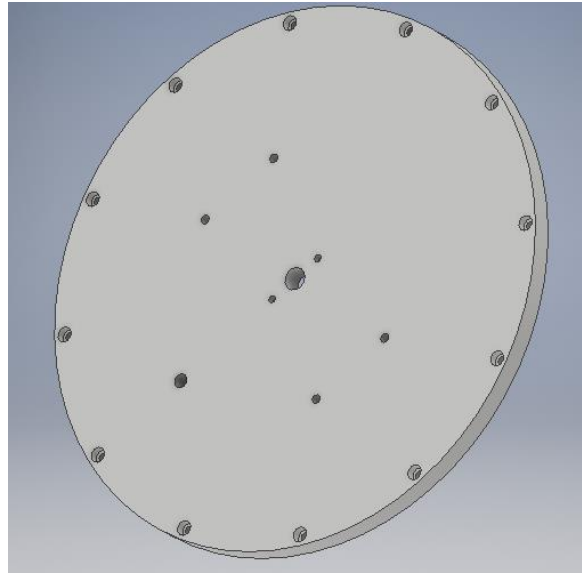


Figura 4. Tapa del recipiente.

La tapa del recipiente es la encargada de generar un sello dentro del mismo para lograr un ambiente adecuado en la ejecución del ensayo, es decir, que situaciones exteriores vayan a afectar el desarrollo de este, pero también está dispuesta para permitir la aplicación de una presión de carga como se realiza en los ensayos triaxiales, esta presión de carga será aplicada con aire, el cual será inyectado por medio de un racor (Fig. 22) que estará ubicado en el orificio que está entre los orificios perimetrales y los centrales como se muestra den la Fig. 4. Finalmente en los orificios que forman un rectángulo en la parte central se ajustará el dispositivo para la aplicación de la carga vertical y los dos que están al costado del orificio central servirán para ajustar el sello de la tapa (para evitar fugas), debido a que la carga se llevará al pistón Fig. 5 por medio de una varilla por el orificio central.

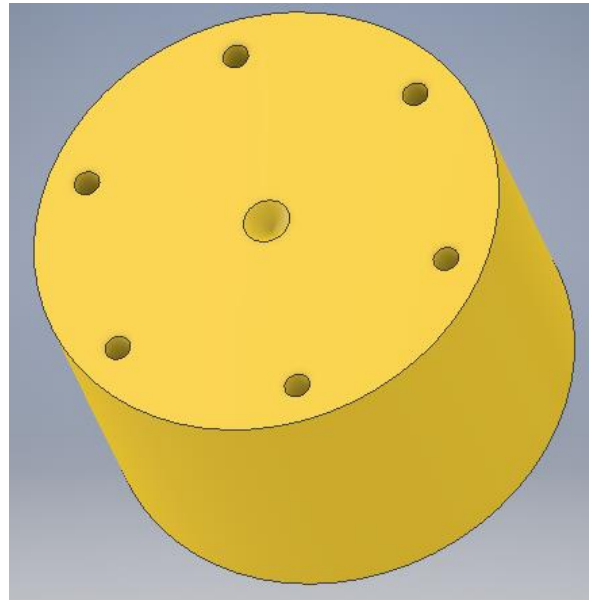


Figura 5. Pistón para aplicar carga vertical.

El pistón es el encargado de transmitir la carga vertical desde el dispositivo de aplicación hasta la celda de carga, la cual llevará la carga hasta el suelo. Los orificios perimetrales sirven para lograr ajustar la celda de carga al pistón, y debido a esto se necesitó aumentar el diámetro del mismo hasta lograr que los orificios presentes en la celda quedaran dentro del pistón.

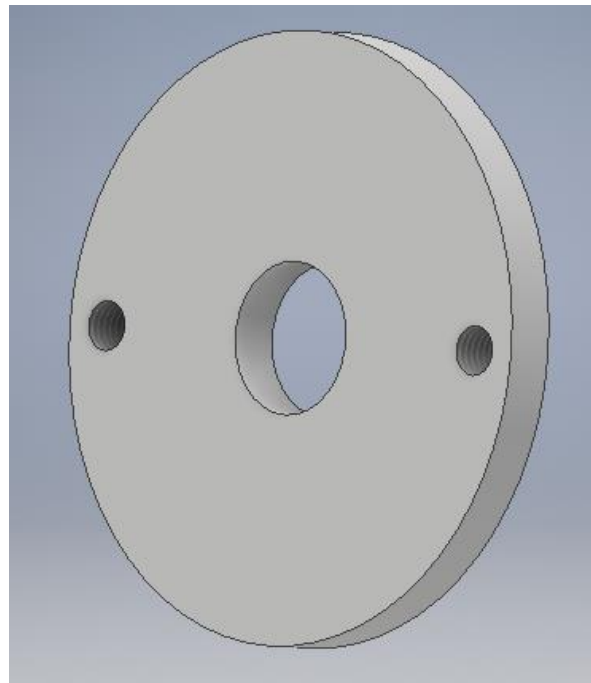


Figura 6. Sello lateral.



El sello lateral tiene como función evitar fugas laterales en el cilindro donde estarán las varillas encargadas de aplicar las cargas horizontales, cumpliendo la misma función del sello superior mencionada anteriormente. Los dos orificios más pequeños servirán para ajustar este sello al recipiente y el central será por donde entrará la varilla de aplicación. El control de fugas se logra de igual manera al sello superior, el cual se describe más adelante.

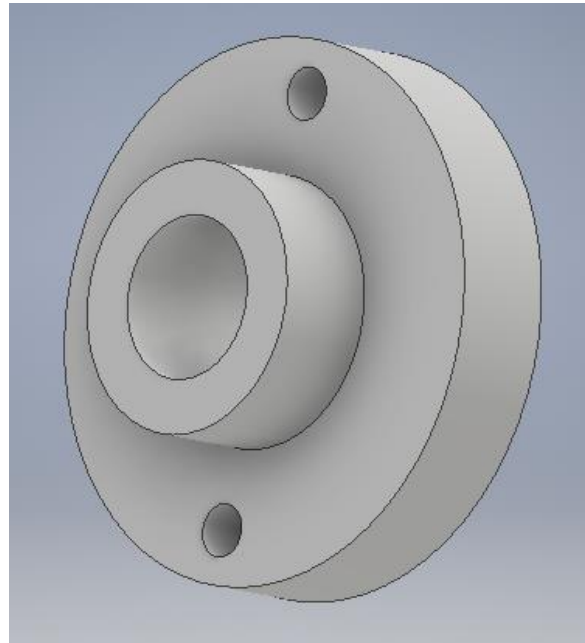


Figura 7. Sello superior.

El sello superior como se mencionó anteriormente es el encargado de evitar alguna fuga en el recipiente cuando exista una presión de cámara, esto se logra al disponer un anillo de caucho entre la tapa y el sello, que al ajustar el sello al recipiente aprisionaría el caucho evitando que tenga fugas de aire. De igual manera los orificios dispuestos en este sello poseen la misma función del sello lateral.

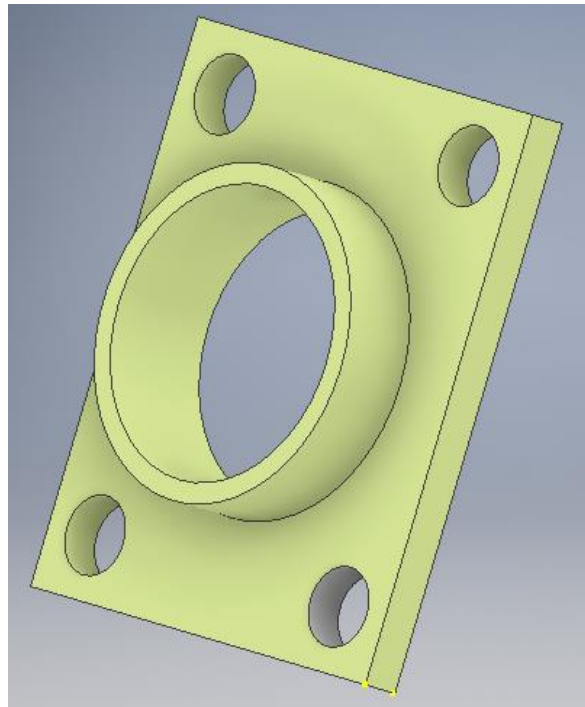


Figura 8. Placa para restringir el movimiento horizontal.

La placa para restringir el movimiento horizontal se pensó inicialmente para suprimir cualquier momento que se pudiera generar y que pudiera llegar a la celda de carga dañándola, pero se escogió una celda la cual tolera momentos, esto con el fin de poder cuantificar dichos momentos y observar que tan grande son. La celda de carga fue escogida de acuerdo a la empleada en máquinas similares ya existentes en los artículos consignados en la tabla 1, esta celda tiene la particularidad que presenta 6 grados de libertad, es decir que es capaz de medir fuerzas en las 3 direcciones X, Y, Z, y de igual manera los momentos en las 3 direcciones mencionadas anteriormente.

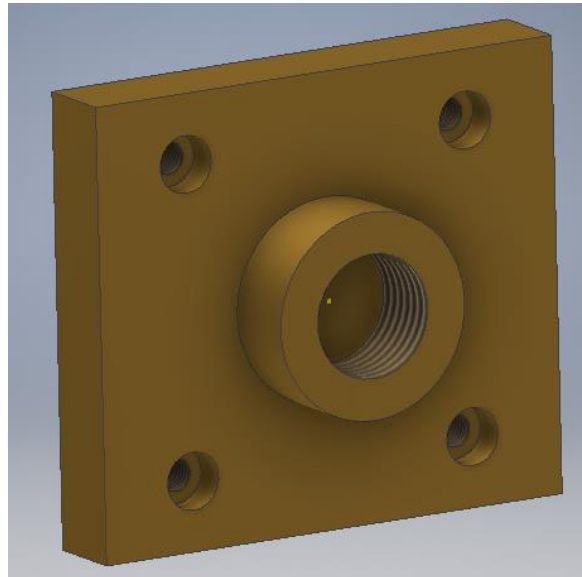


Figura 9. Empalme carro pequeño-motor.

El empalme del carro pequeño está dispuesto para lograr la aplicación de la carga horizontal en la placa superior, este empalme se hizo necesario ya que la aplicación de la carga deber ser cíclica, entonces la varilla que transmite la carga desde el motor hasta la placa deben estar fijas, y por tal razón en la parte central se presenta un orificio roscado como se presenta en la Fig. 9.

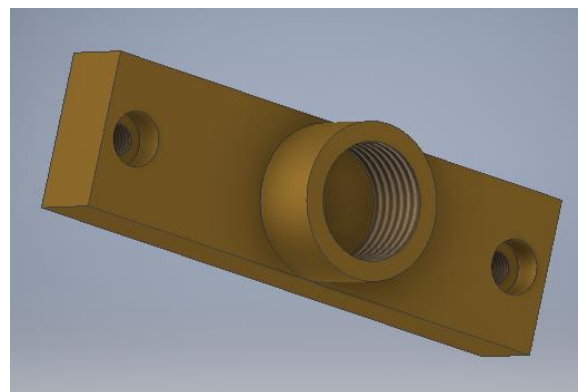


Figura 10. Empalme placa inferior-motor.

El empalme de la placa inferior tiene como función fijar una de las varillas horizontales para aplicación de estas cargas, y esto se hace necesario porque la carga que se aplicará es cíclica como se mencionó anteriormente.

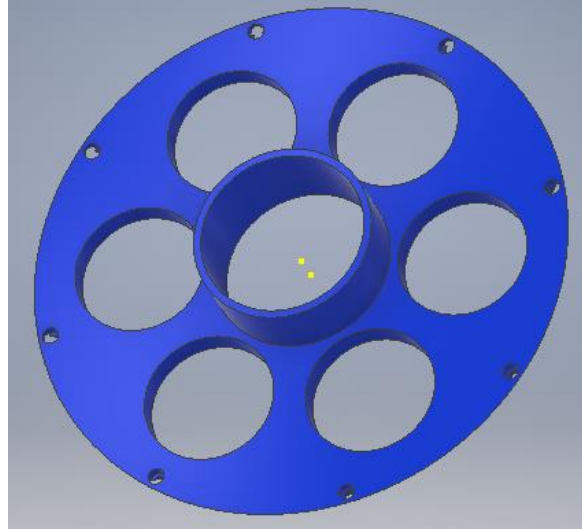


Figura 11. Tapa intermedia.

La tapa intermedia fue diseñada para suprimir un fenómeno mencionado en los artículos, el cual denominan “rocking” que consiste en un movimiento vertical de vaivén en el pistón, generado por los momentos producidos al momento de ejecutar el ensayo, y por esta razón es que el orificio central posee una pared encargada de confinar el pistón para evitar este movimiento. Adicionalmente presenta 6 orificios continuos al central que su única función es disminuir el peso de la misma, y los orificios perimetrales sirven para poder ajustarla al cilindro. Finalmente en el borde se presenta un chaflán a 45° para lograr un mejor empalme con el recipiente.

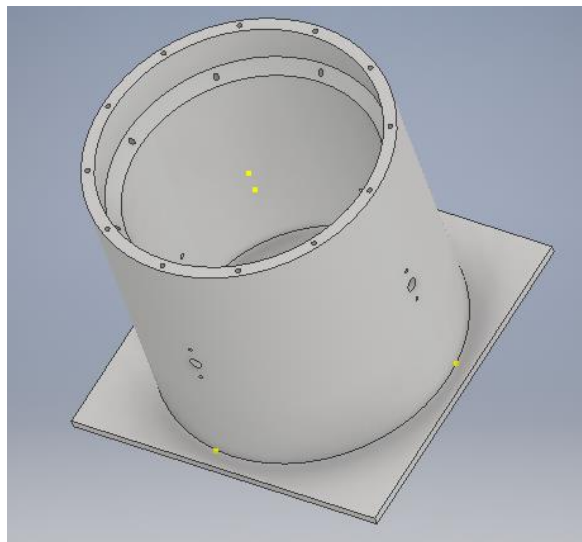


Figura 12. Recipiente.

El recipiente es el encargado de contener todas las piezas de la máquina para y generar un ambiente idóneo para la ejecución del ensayo, adicionalmente presenta



4 orificios en su base para ajustar el riel del carro que soportará la placa inferior. Finalmente presenta 2 orificios cada uno de ellos situado a 180° de los complementarios de los sellos laterales, que servirán para introducir dos mangueras las cuales irán hasta los racores dispuestos en la placa superior, para dejar fluir el agua o la solución (para aplicar succión) dependiendo del ensayo.

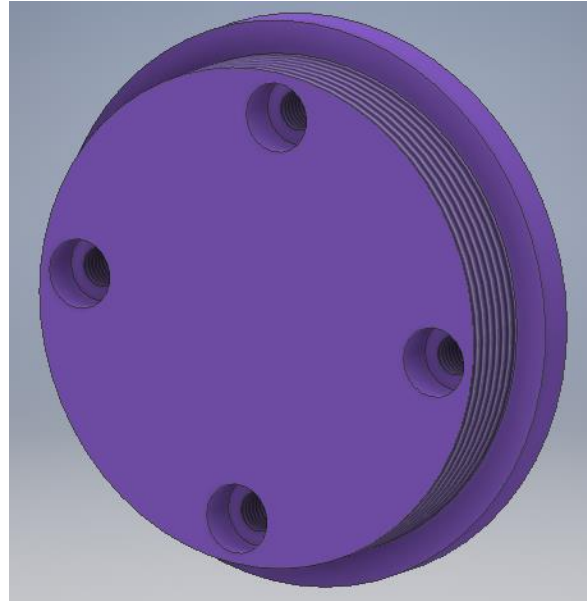


Figura 13. Empalme suelo-celda 1.

La primera parte del empalme suelo-celda sirve para transferir la carga vertical desde la celda hasta el suelo, sin que esta entre en contacto con el suelo y pueda llegar a dañarse. Los 4 orificios que se muestran sirven para realizar el ajuste entre la celda y la primera parte del empalme, y la rosca perimetral que se observa permite la unión entre las dos partes de este empalme.

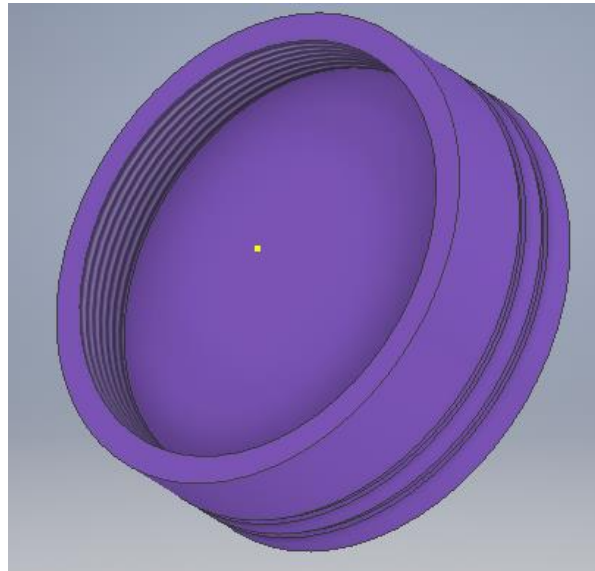


Figura 14. Empalme suelo-celda 2.

La segunda parte del empalme se hace necesaria para lograr que los tornillos de ajuste no vayan a entrar en contacto con ningún líquido, debido que por ellos puede llegar a infiltrarse dicho líquido hasta la celda de carga dañándola. Finalmente como se observa en la Fig. 14 esta parte presenta dos ranuras exteriores perimetrales, las cuales servirán para ajustar una membrana de caucho idéntica a la empleada en los ensayos triaxiales y tendrá su misma función.



Figura 15. Celda de carga.

La celda de carga que se muestra en la Fig. 15 presenta las siguientes especificaciones de carga y momento: 2KN en carga vertical, 0,67 KN en carga horizontal y 0,068 KN-m para momento (tanto positivo como negativo).

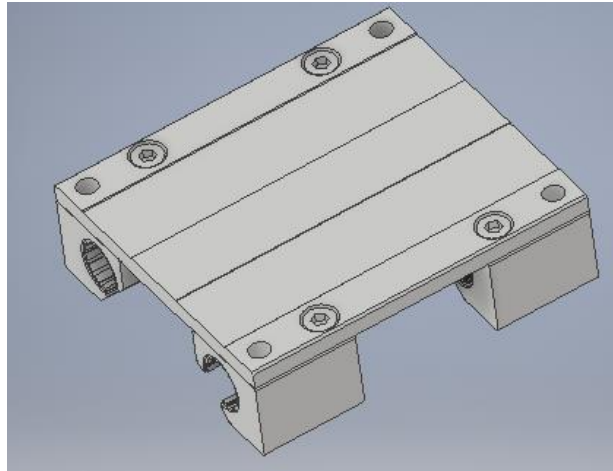


Figura 16. Carro grande.

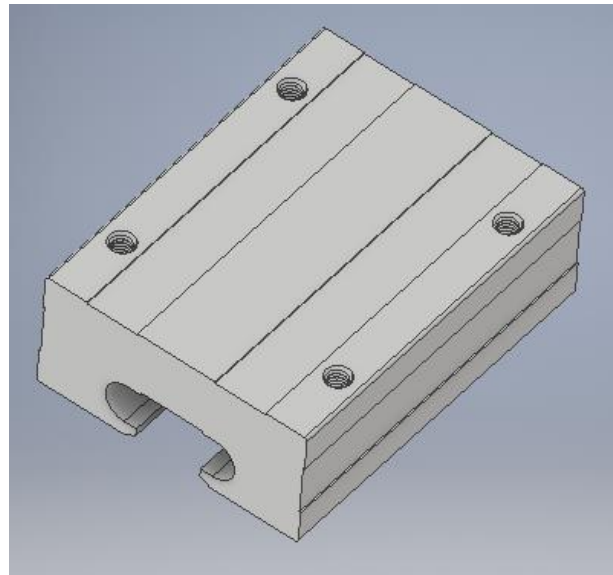


Figura 17. Carro pequeño.

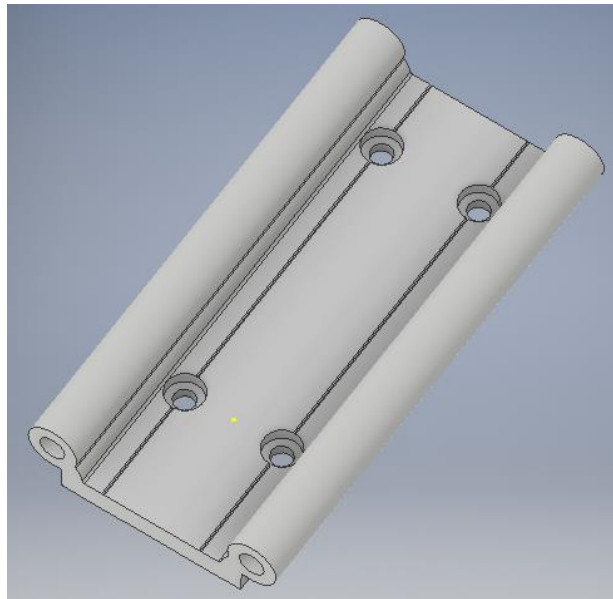


Figura 18. Riel para carro grande.

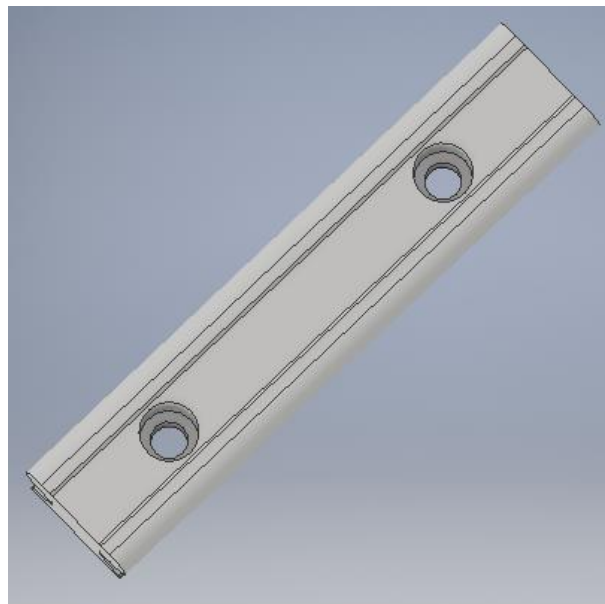


Figura 19. Riel para carro pequeño.

Las figuras 16 a 19 son partes esenciales para permitir el movimiento horizontal en dos sentidos, estas partes fueron encargadas a una empresa llamada Mc Master.

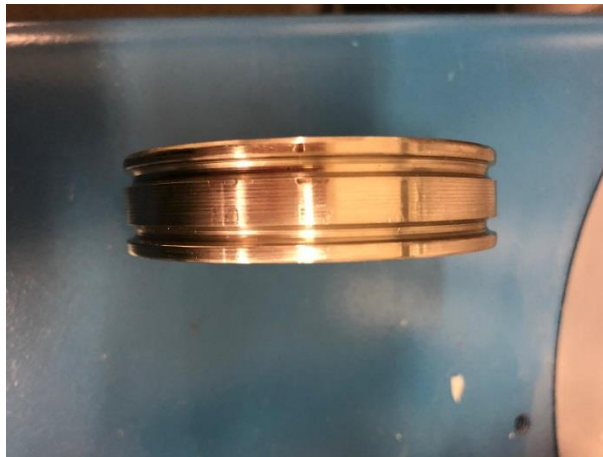


Figura 20. Foto del filtro en perfil.



Figura 21. Foto del filtro en planta.

Las figuras 20 y 21 representan una pieza metálica que al sumarse con una piedra porosa completaran el sistema de filtración de la máquina, el cual puede ser usado para dejar salir agua de la muestra en caso de permitirle consolidarse o inyectarle la solución para aplicarle succión al suelo mencionada anteriormente.



Figura 22. Foto de racores.

En la Fig. 22 se muestran dos ejemplos de racores que se emplearán en la máquina, estos serán usados para aplicar presiones (con aire) o permitir el flujo de agua o la solución.



Figura 23. Foto de balineras.

En la Fig. 23 se muestran las balineras son las encargadas de ayudar a dar un movimiento más homogéneo de las placas contenedoras de suelo.

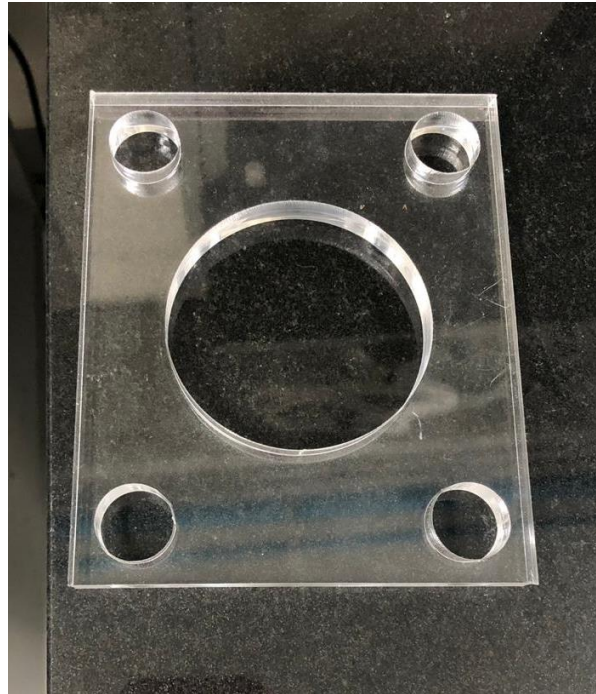


Figura 24. Foto de prueba de las placas contenedoras.

En la Fig. 24 se muestra un primer intento de las placas contenedoras de suelo, lo que se buscó con este ensayo observar que tan finos eran los cortes realizados con láser en el acrílico, y se pudo observar que donde penetraba el láser para empezar a cortar quedaba una pequeña línea que impedía una superficie lisa y por esta razón se decidió realizar cortes con diámetros más pequeños con el láser y posteriormente con un torno llevar los orificios a su medida adecuada (con el torno se obtiene una superficie mucho menos rugosa)



Figura 25. Foto de la varilla de aplicación de carga vertical con aditamento para deformímetro.



Figura 26. Foto de la parte superior del sistema de aplicación de carga vertical.

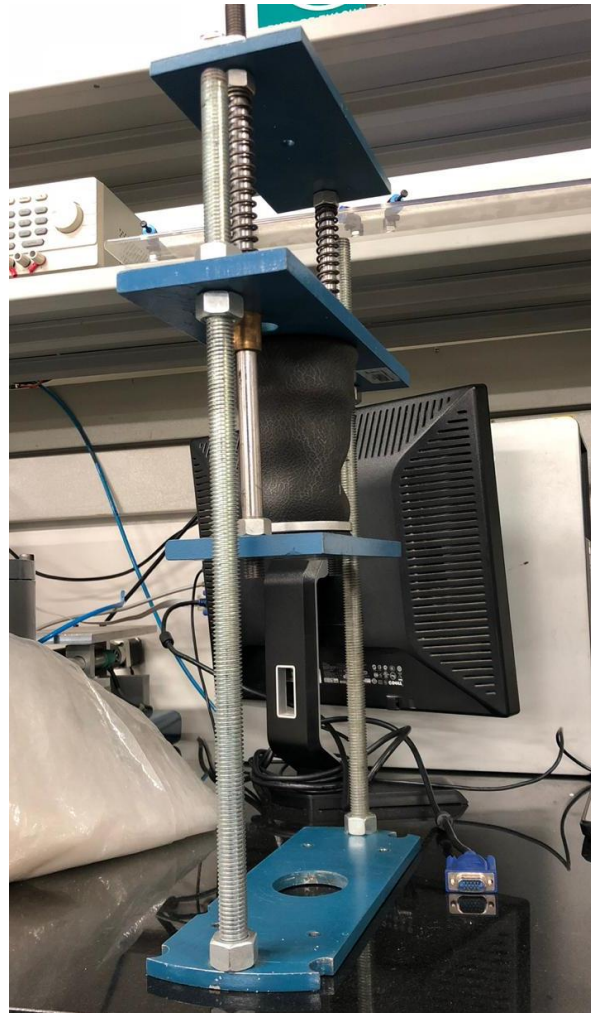


Figura 27. Foto de perfil del sistema de aplicación de carga vertical.



Figura 28. Foto frontal del sistema de aplicación de carga vertical.

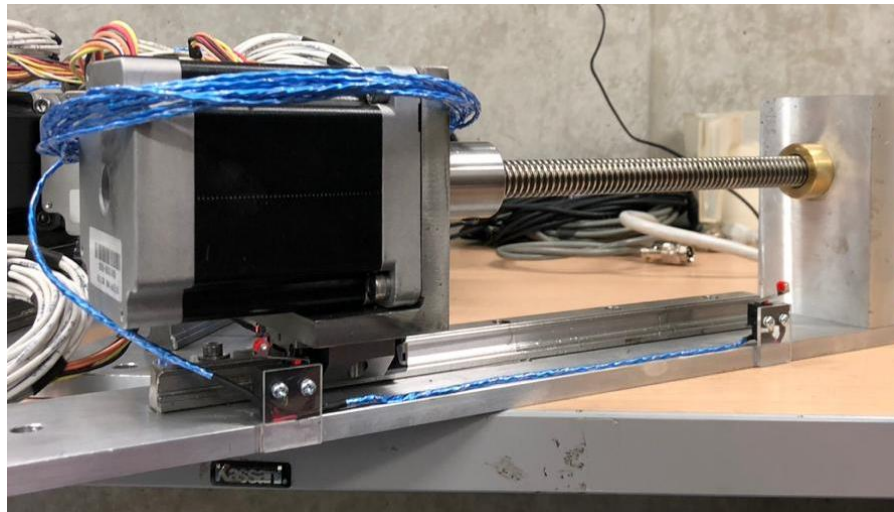


Figura 29. Foto de perfil del sistema de aplicación de carga horizontal.

En la Fig. 29 se muestra el sistema de aplicación de carga que se empleará, pero se deben realizar algunos cambios por ejemplo la varilla que se muestra no deberá ser roscada completamente, sino que solo deberá estar roscada en sus extremos (uno para el motor y el otro para los empalmes de las figuras 9 y 10), y acercar los finales de carrera (son las palancas con punta roja) los cuales son necesarios para asegurarse que el desplazamiento horizontal no vaya a ser excesivo. Finalmente este sistema de aplicación de carga es representado en la Fig. 30 por el cubo y cilindro de color café.

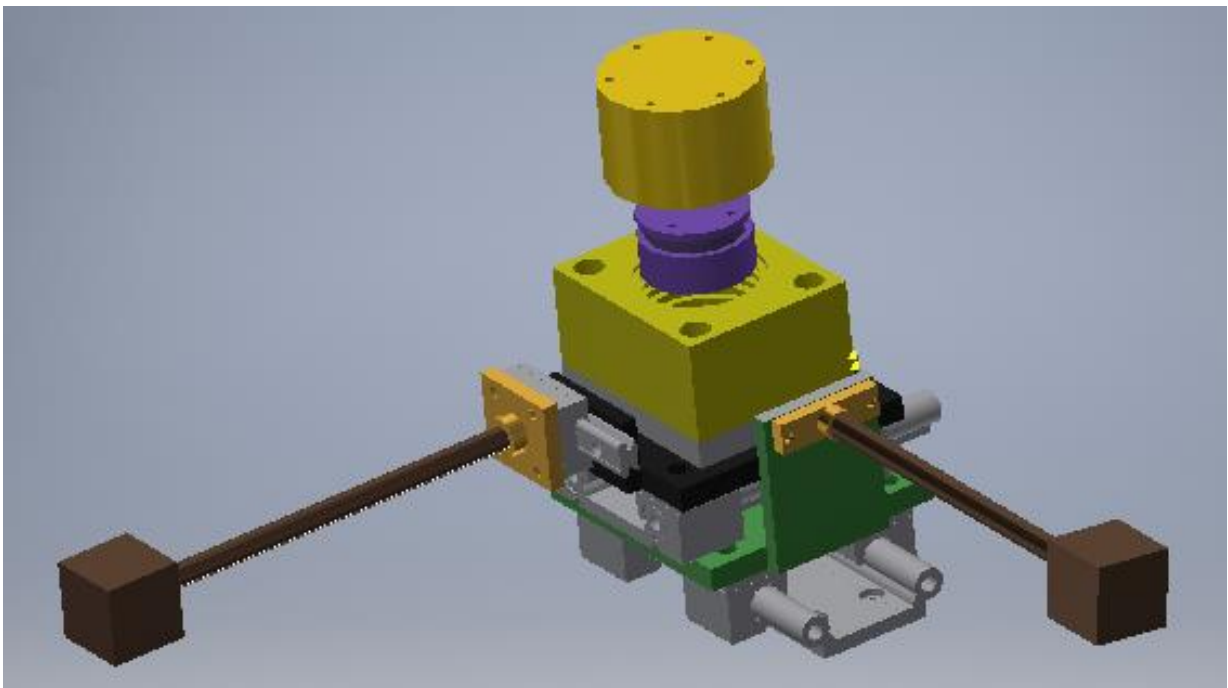


Figura 30. Montaje piezas principales.



El programa INVENTOR también se empleó para la generación del modelo inicial de la máquina, debido a que este tiene una herramienta de ensamble en la cual se pueden ir agregando todas las piezas diseñadas y observar que encajen correctamente y su funcionamiento adecuado, como se puede ver en la figura del montaje y en los videos, los cuales son anexados aparte del documento. En el video en el cual se presenta el movimiento de las placas contenedoras de suelo se presentó un error en el cual no todas las placas se mueven homogéneamente como se desearía, por lo contrario hay un momento en el cual una de las placas no se mueve de la misma manera que el resto, esto ocurrió porque el equipo computacional no presentaba la suficiente velocidad para correr el programa al momento de generar el video.

Adicionalmente los conocimientos adquiridos se enfocan en la comprensión de la importancia de aplicarle a los suelos esfuerzos en 3D y/o cíclicos para ver cómo varían sus propiedades, por ejemplo que bajo los mismos esfuerzos pero con diferentes velocidades de ciclos el suelo se comporta diferente y que no necesariamente a velocidades altas se obtendrán las condiciones más críticas del suelo, este es el caso de ciertas arcillas que han evaluado donde recomienda que la frecuencia de los ciclos no sea mayor a 3-5 Hz porque se pueden obtener resistencias superiores a las mínimas; también se ha ido desarrollado la habilidad investigativa, la cual será de mucha importancia al momento de realizar un posgrado en cualquier área de ingeniería civil.



8. ANEXOS

- Visto Bueno del ingeniero Bernardo Caicedo Hormaza.
- Video movimiento de las placas contenedores de la muestra.
- Video movimiento de los carros.
- Video despiece del recipiente.
- Planos de cada una de las piezas diseñadas y ensambles de las mismas.



9. CONCLUSIONES

1. Una vez observadas las simulaciones (videos anexados) se logró observar que las piezas diseñadas y las compradas en Mc Master presentan un adecuado acople para la correcta ejecución del ensayo, sin embargo es de gran importancia que al momento de fabricar las piezas estas queden con las medidas exactas, y por tal motivo se decidió esperar a que las piezas compradas llegaran para poder promocionárselas a la persona encargada de construir las demás piezas.
2. Se espera obtener resultados un poco distintos a los que han tenido las máquinas existentes debido a que estas trabajan con muestras que presentan una relación de esbeltez mucho menor a la nuestra, mientras que se ha venido trabajando con alturas de 3cm y diámetros de 7cm generalmente, esta máquina está diseñada para trabajar con muestras de 6.2cm de altura y 7cm de diámetro.
3. La fase de recolección de información de la pasantía me permitió tener un mayor conocimiento de los avances que se han venido presentando para una clasificación mucho más adecuada de los suelos, especialmente bajo condiciones extremas que es la principal función de este tipo de ensayos, teniendo en cuenta que este ensayo se realizará a suelos derivados de cenizas volcánicas los cuales presentan ciertas particularidades.