



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE
EQUIPOS PARA ENSAYOS DE
HERMETICIDAD EN JUNTAS DE
TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA
ASTM D-3212**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

P R E S E N T A

Arturo Alejandro Martínez Mendoza

ASESOR: Dr. Jacinto Cortés Pérez



FES Aragón

MÉXICO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

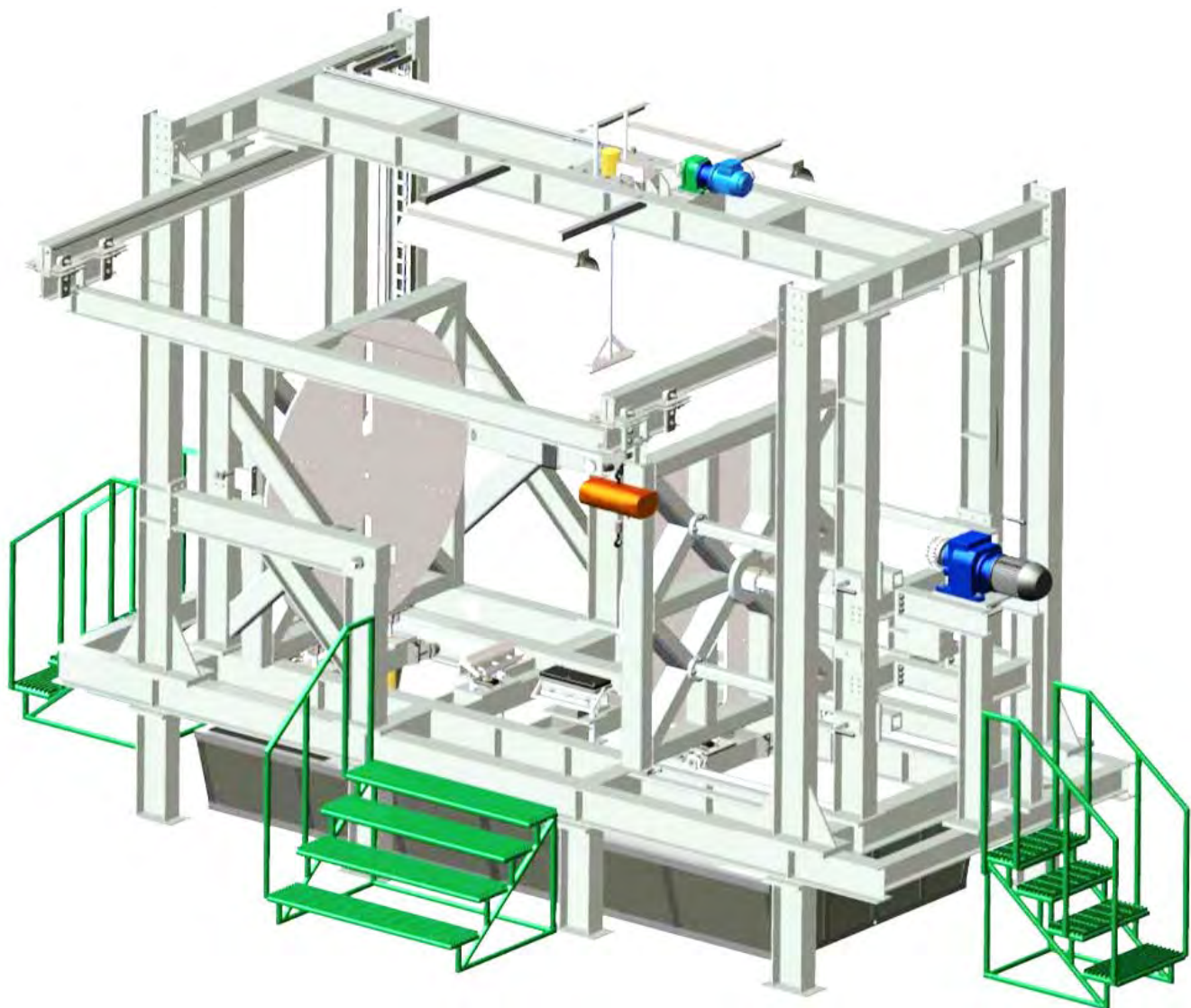


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Jurado

Presidente: Dr. Daniel Aldama Ávalos

Vocal: Ing. Antonia Navarro González

Secretario: Dr. Jacinto Cortés Pérez

Suplente: M. en I. Alberto Reyes Solís

Suplente: M. en I. María de Lourdes Marín Emilio

Dedicatoria.

A mi madre

Francisca Mendoza Rodríguez

Por el ejemplo de fortaleza constante y eterna dulzura

A mi padre

Valentín Martínez Flores

A mis hermanos

José Luis y Alma Elidia

Agradecimientos.

A mis padres por su valioso apoyo, gracias al cual he desarrollado el presente trabajo, mismo que es un reflejo de su esfuerzo constante y un logro que también les pertenece.
Muchas gracias.

A mis hermanos, José Luis y Alma Elidia por ser un gran apoyo durante todos los años que han pasado hasta el momento presente.

Agradezco al Dr. Jacinto Cortés Pérez por su apoyo a través de su asesoría para el desarrollo del presente trabajo, por sus enseñanzas y consejos como profesor y como director del proyecto que se presenta en esta tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que a través de la Facultad de Estudios Superiores Aragón me ha permitido crecer personal y profesionalmente gracias a las enseñanzas, ejemplos y experiencias que he tenido por medio de parte del gran mundo de personas que la conforman.

A mis sinodales por el tiempo que me concedieron para la revisión y comentarios a la presente tesis.

A los integrantes del proyecto, en especial a Carlos Reséndiz Rodea (Co-autor), Raúl Rojo Vilorio y a José Juan Llanito Patiño. Por las enseñanzas, experiencias, soporte y apoyo a pesar de todos los obstáculos que se fueron presentando. Este trabajo también les pertenece.

Al Ing. Roberto Cornejo Treviño (Q.E.P.D.) por su apoyo más allá de lo normal para la realización del proyecto tema del presente trabajo y al apoyo y consejos que ofreció a los integrantes que lo llevamos a cabo.

A Alejandro Cortés Ríos por su valioso apoyo en la revisión de este trabajo y por sus comentarios dirigidos a la mejora del mismo.

A aquellos que me acompañaron durante mi carrera y con los cuales he vivido experiencia que me han ayudado a crecer personalmente; Alma Edith Sánchez, Elías Hernández, Rommel Pérez, Gustavo Romero, Manuel Zavala, Javier Sánchez, Cruz Vera, Mauricio, Erika Lagunes, Janneth Hernández, Gustavo Hernandez, Román y a todos aquellos que se me olvida nombrar pero que también estuvieron presentes.

Al Laboratorio de Mecánica del Centro Tecnológico Aragón y a los integrantes que a lo largo de mi estancia en el mismo aportaron su apoyo, vivencia y consejos, en mayor o menor grado; Mario, Paris, Toño, Néstor, Ángel, Guillermo, Chuy, María, Aldo, Juan Pablo, Rodrigo, Arubi, Iván, Chava, y al resto que, sin pretender excluirlos, no recuerdo en este momento.

Y a todas aquellas personas que me falta nombrar pero que me brindaron su apoyo, muchas gracias.

El proyecto en el cual se basa el presente trabajo se realizó gracias a la empresa ADS Mexicana con el financiamiento parcial del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante el programa de Estímulos Fiscales.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	0
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. ALCANTARILLADO.....	2
1.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.....	2
1.1.2. TIPOS DE TUBERÍAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SEGÚN EL MATERIAL EMPLEADO.....	5
1.2. SISTEMA DE UNIÓN ESPIGA CAMPANA.....	5
1.2.1 GEOMETRÍA DE UNIÓN TIPO ESPIGA CAMPANA.....	7
1.2.2 PRINCIPIO FÍSICO DE LA HERMETICIDAD EN JUNTAS TIPO ESPIGA CAMPANA.....	7
1.2.3 REFORZAMIENTO DE CAMPANAS.....	8
1.3. HERMETICIDAD DE JUNTAS TIPO ESPIGA-CAMPANA.....	9
1.3.1.- NORMAS DE HERMETICIDAD.....	9
1.3.2.- NORMAS DE HERMETICIDAD PARA UNIONES TIPO ESPIGA-CAMPANA.....	9
1.3.2.1- NORMA NOM 001-CNA.....	10
1.3.2.2-NORMA ASTM D-3212.....	11
CAPÍTULO 2. DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD.....	13
2.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	14
2.2. SISTEMAS CONSTITUTIVOS DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD.....	15
2.2.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL.....	16
2.2.2. SISTEMA DE CIERRE ESPIGA-CAMPANA.....	16
2.2.2.1. SUBSISTEMA DE SELLO HERMÉTICO.....	17
2.2.2.2 SUBSISTEMA DE CIERRE ESPIGA.....	18
2.2.2.3 SUBSISTEMA DE CIERRE CAMPANA Y DE DESALINEACIÓN.....	19
2.2.3. SISTEMA DE APLICACIÓN DE CARGA.....	22
2.2.4. SISTEMA DE RESTRICCIÓN EXTERNA.....	23



2.2.3. SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE LAS PROBETAS.....	25
2.2.4. SISTEMAS HIDRÁULICO, NEUMÁTICO Y MECÁNICO.....	25
2.2.4.1. SISTEMA HIDRÁULICO DE POTENCIA.....	26
2.2.4.2. SISTEMA PARA PRUEBAS DE PRESIÓN.....	27
2.2.4.3. SISTEMA PARA PRUEBAS DE VACÍO.....	29
2.2.5. SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL.....	29
CAPÍTULO 3. DISEÑO DE DETALLE DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD.....	30
3.1. DISEÑO DE DETALLE.....	31
3.1.1.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.....	33
3.1.1.2. ELEMENTOS AUXILIARES.....	54
3.1.2. EQUIPO EPH-24.....	63
3.1.2.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.....	63
3.1.2.2. ELEMENTOS AUXILIARES.....	78
CAPITULO 4. FABRICACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD (EPH-60 Y EPH-24).....	83
4.1. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EPH-60 Y EPH-24.....	84
CONCLUSIONES.....	128
ANEXOS.....	129
ANEXO A. PLANOS DE ENSAMBLE DEL EQUIPO EPH-24.....	130
ANEXO B. PLANOS DE ENSAMBLE DEL EQUIPO EPH-60.....	139
BIBLIOGRAFÍA.....	160

INTRODUCCIÓN.

La hermeticidad en los sistemas de tuberías, especialmente en las que se emplean para drenaje sanitario, es de suma importancia con el fin de evitar posibles fugas que contaminen el subsuelo y ocasionen daños al medio ambiente que pueden ser irreversibles.

Por otro lado, es bien sabido que las tuberías que se emplean para drenajes son fabricadas en tramos que pueden ir desde 2 hasta 6 m de longitud, los cuales pueden ser unidos mediante diversos métodos entre los que se encuentran la soldadura y el roscado, en el caso de tuberías metálicas, o bien la termofusión y el acoplamiento tipo espiga-campana para el caso de tuberías plásticas. Este último sistema, resulta muy útil en la práctica debido a que permite instalar las tuberías con mayor rapidez y a bajo costo.

Debido a estas ventajas el sistema espiga-campana es ampliamente empleado en tuberías plásticas, sin embargo, es propenso a fugas, por lo que debe ser sometido a pruebas estrictas que aseguren un adecuado funcionamiento. Es claro que la hermeticidad de una junta depende de los elementos de la misma, los cuales son parte de la ingeniería de producto de cada fabricante. Evaluar la eficiencia de cada diseño es una tarea difícil y que corresponde al fabricante realizar, sin embargo, es necesario contar con pruebas que sean aplicables a los diversos productos existentes en el mercado que aseguren un funcionamiento adecuado durante el servicio. Dicha función se realiza mediante las normas, las cuales proponen pruebas que simulan con la mayor similitud posible, las condiciones bajo las cuales trabajarán determinados productos.

Para probar la hermeticidad de sistemas de tuberías plásticas que emplean el sistema de unión tipo espiga-campana, existen normas que el gobierno mexicano acepta y aplica a los diversos fabricantes de tuberías que usan dicho sistema de unión. Las normas aplicables y las que se tomaron en cuenta para el diseño de los equipos son: una norma de campo denominada NOM-001-CNA (norma oficial mexicana) y otra norma de laboratorio denominada ASTM D-3212 (norma extranjera). Dichas normas proponen una serie de métodos de prueba que deben ser aplicados a los sistemas de unión así como el procedimiento que se debe seguir incluyendo un bosquejo de los dispositivos que se deben emplear para lograr las condiciones sugeridas. No obstante, dichas normas no proporcionan mayores detalles sobre estos dispositivos y en general se deja al usuario de la norma la tarea de diseñarlos (en el mejor de los casos) y construirlos.

Por lo general, los dispositivos para realizar las pruebas son construidos por los fabricantes de tuberías con sus propios recursos y a menudo no son diseñados adecuadamente para asegurar el cumplimiento de las especificaciones requeridas. Como resultado de lo anterior es común que se presenten fallas durante la realización de las pruebas que muchas veces son imputables al dispositivo y no al producto o bien se confunden entre sí. Un caso particular de este tipo de situaciones presenta la aplicación de la norma ASTM D-3212 la cual sugiere el empleo de un marco que sujete a la muestra, la cual será sometida a la prueba, y que debe contar con un sistema de medición que permita registrar la presión, el vacío y ciertos desplazamientos especificados.

La norma ASTM D-3212 propone 6 pruebas a las que debe someterse una junta, 3 de las cuales se deben realizar con la junta sometida a presión positiva y las otras 3 con presión negativa, dichas pruebas tienen como fin simular condiciones de estancamiento de agua, succión por obstrucción temporal así como hundimientos del suelo y acomodos. En los casos mencionados anteriormente la presión, positiva o negativa, debe sostenerse sin variación (en el caso de la presión positiva se permite un margen de pérdida) durante un periodo de tiempo de 10 minutos. Las pruebas deben aplicarse de manera sucesiva a una misma muestra sin desmontarla. Esta se monta en un marco que sujeta cada tramo del tubo por los extremos y una vez ensamblado se apoya en dos puntos en su parte inferior. Las distancias entre apoyos así como la posición donde debe aplicarse la deflexión al tubo se especifican en la norma citada.

A pesar de que diversas empresas en México y América Latina están obligadas a cumplir con dicha norma, no existen equipos comerciales para este fin y los que existen son construidos para el fin específico con los problemas que ya hemos mencionado.

Diseñar equipos para estas pruebas representa hoy en día un área de oportunidad ya que cada vez se extiende en mayor grado el uso de tuberías plásticas para drenajes en México y América Latina. Lo anterior indica que el número de usuarios de dichos equipos crecerá significativamente en los próximos años.

Debido a lo anterior en el presente trabajo se propone el diseño y puesta en marcha de dos equipos para realizar pruebas de hermeticidad a juntas de tipo espiga-campana de tuberías plásticas. Uno de los equipos permite ensayar tuberías de 2 hasta 24 pulg de diámetro nominal mientras que el otro permite probar tuberías de 30 hasta 60 pulg. El primer equipo fue nombrado EPH-24 y el segundo EPH-60.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.

A manera de antecedentes en el presente capítulo se describen de manera general los sistemas de alcantarillado existentes, con el objetivo de analizar y estudiar los aspectos que se relacionan con las tuberías empleadas, así como su sistema de unión. Se analizarán las normas requeridas para pruebas de hermeticidad de acuerdo a las características de las tuberías, las cuales se deberán cumplir para asegurar la calidad del producto.

Se analizará de manera especial la norma ASTM D-3212 ya que en base a ésta se diseñaron los equipos tema de esta tesis. En esta norma se establecen los requerimientos que deben cumplir los equipos, así como las pruebas que se deben realizar para demostrar el cumplimiento de la hermeticidad de las juntas de las tuberías plásticas.

Lo anterior nos permitirá introducirnos en los aspectos técnicos que se presentan en los sistemas de alcantarillado e identificar el porqué de los criterios de diseño que se muestran en el Capítulo 2. Diseño Conceptual de los Equipos de Hermeticidad, y que fueron utilizados para el correcto diseño de cada una de las partes que constituyen los equipos.

1.1. ALCANTARILLADO.

El alcantarillado o drenaje hace referencia a la recolección y/o al tratamiento de aguas residuales; entendiendo por aguas residuales a dos grupos: a) las aguas de desecho doméstico e industrial y b) las aguas pluviales, es decir, las aguas de lluvia y las utilizadas para el lavado de banquetas, autos etc. Al alcantarillado o drenaje encargado del primer grupo se le suele llamar sanitario y al encargado del segundo grupo pluvial.

El sistema de alcantarillado se puede definir como un conjunto de tuberías y accesorios con diámetros y materiales variados a través de su trayecto, generalmente cerradas, por las que transitan aguas residuales, como pueden ser pozos de visita, descargas domiciliarias, estaciones de bombeo, hasta plantas purificadoras. Las aguas residuales normalmente fluyen a un nivel medio de la tubería, tomándose como factor esta condición para su diseño. El diámetro y el material para la tubería a utilizar varía a lo largo de la obra de alcantarillado dependiendo de factores tales como: la zona geográfica, la densidad demográfica, costo, material disponible, etc.

1.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.

En cuanto al sistema de drenaje o alcantarillado se pueden encontrar dos tipos de sistemas generales: a) Sistema Unitario (Figura 1.1), el cuál recolecta todo tipo de aguas en el mismo conducto, ya sea aguas pluviales o aguas negras y el b) Sistema Separativo (Figura 1.2), aquel que cuenta con dos redes independientes, una para aguas pluviales y otra para aguas negras.

Cabe mencionar que los sistemas de alcantarillado diseñados a nivel nacional fueron creados, en un principio, como sistemas unitarios. Con el transcurso del tiempo se pudo observar que este tipo de sistemas generó problemas de contaminación y de operación del mismo. Aprovechando esta experiencia la CNA (Comisión Nacional del Agua) recomienda que los sistemas de alcantarillado, pluvial y de aguas negras, sean diseñados de manera independiente.



Figura 1.1. Sistema Unitario.



Figura 1.2. Sistema Separativo.

Estos sistemas de drenaje en general se pueden clasificar en: a) drenaje por gravedad, b) drenaje a presión o c) drenaje por vacío. En realidad a lo largo del sistema se utilizan los tres tipos de drenaje, dependiendo de las situaciones del terreno, de las necesidades específicas del tramo de alcantarillado a diseñar, de los recursos económicos, etc.

A continuación se presenta una descripción general de los tres sistemas para drenaje:

- a) El drenaje por gravedad es el más utilizado y se usa para cualquier tipo de recolección de aguas. En este tipo de alcantarillado la circulación del agua debe ser por gravedad, colocando la tubería con una cierta pendiente definida por la topografía, la infraestructura existente y las características

particulares de cada tramo a diseñar. La pendiente requiere ser la adecuada para el buen funcionamiento de este sistema.

- b) El drenaje a presión utiliza diámetros más pequeños para la tubería que el drenaje por gravedad así como la colocación de instalaciones mecánicas de difícil mantenimiento como estaciones de bombeo. Será necesario, aunque los gastos iniciales de instalación sean más elevados, tratar de que las aguas residuales circulen por gravedad, y eventualmente colocar parte de la red bajo presión. Este tipo se suele utilizar en sistemas residenciales o domésticos donde el sistema por gravedad puede resultar geoméricamente complicado.
- c) El drenaje por vacío se suele utilizar en zonas donde se concentra poca población. En este sistema se utilizan tuberías de menor diámetro, comparadas con el sistema por gravedad. Cada residencia se conecta a un conducto de vacío principal por medio de una válvula de admisión especial, la cual se abre automáticamente cuando se ha acumulado un volumen de agua residual suficiente en el albañal de desagüe por gravedad, y se vuelve a cerrar cuando transcurre un periodo suficiente para la recogida del agua. Al momento de abrirse las válvulas el agua residual es succionada hacia un tanque de almacenamiento que se encuentra en depresión. Cuando el depósito se llena se bombea el agua siguiendo los métodos normales. Los sistemas por vacío se pueden utilizar sólo en ocasiones especiales, en localidades pequeñas. En la Figura 1.3 se muestra el funcionamiento de este sistema en forma esquemática.

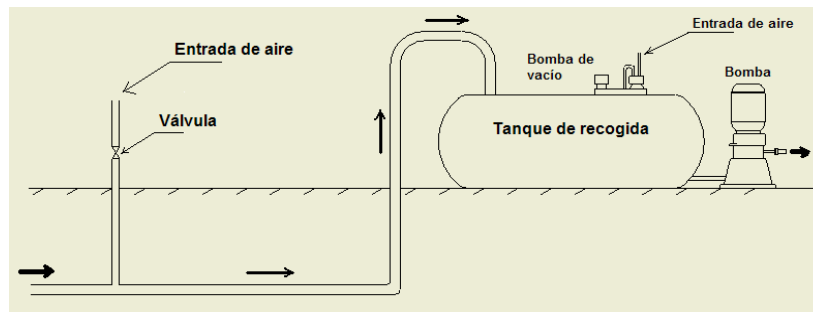


Figura 1.3. Alcantarillado por vacío.

En la Figura 1.4 se muestra un diagrama donde se pueden visualizar los tipos de alcantarillado que se suelen utilizar a lo largo del sistema de alcantarillado.

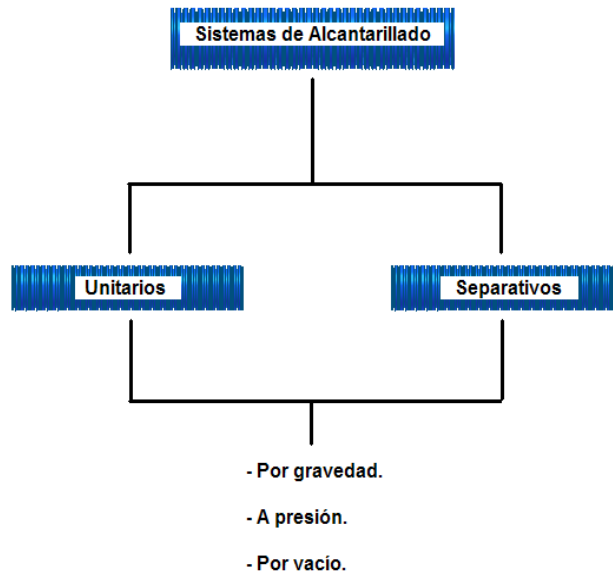


Figura 1.4. Tipos de Alcantarillado.

En el drenaje por gravedad la tubería va enterrada a lo largo de su trayecto a una profundidad suficiente para resistir las cargas vivas, procurando que exista una pendiente adecuada para que el desalojo de las agua residuales se realice por la acción de la gravedad; aunque en algunos tramos donde es necesario atravesar depresiones de terreno, como cañadas, o cursos de agua la tubería puede ir por fuera del terreno, ya sea ayudándose de los propios puentes ferroviarios, viales, etc. que atraviesen estos obstáculos, o sobre pilares o piezas de hormigón. En este caso se toman en cuenta factores como la vibración en los puentes y la dilatación por la exposición directa de la tubería a los rayos del sol para la elección de la tubería. A manera de ilustración en la Figura 1.5 se muestra una sección de tubería enterrada. El diseño del alcantarillado debe ser el adecuado para que pueda transportar el flujo máximo sin ser sobrecargado y sin que se estanquen residuos sólidos.

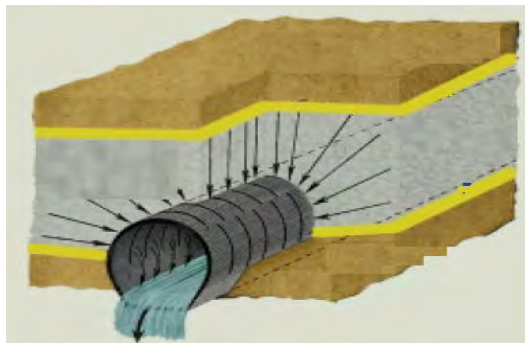


Figura 1.5. Tubería enterrada.



1.1.2. TIPOS DE TUBERÍAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SEGÚN EL MATERIAL EMPLEADO.

Como ya se mencionó los sistemas de tubería de alcantarillado sanitario se componen de uno o más tubos acoplados mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de aguas residuales. Estas tuberías se fabrican de diversos materiales, siendo los más utilizados: Concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), Poli (cloruro de vinilo) (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) así como de acero. En la Tabla 1.1 se muestran el tipo de tuberías y el tipo de unión que emplean.

Tabla 1.1. Materiales de tuberías utilizadas en sistemas de alcantarillado y su tipo de unión.

Material	Nomenclatura	Tipo de unión
Concreto simple	CS	Anillo de hule espiga-campana
Concreto reforzado	CR	Anillo de hule espiga-campana
Concreto reforzado con revestimiento interior	CRRRI	Por cople y anillo de hule
Fibrocemento	FC	Anillos de hule roscados acoplados a un cople roscado
Poli(cloruro de vinilo)	PVC	Espiga-campana
Polietileno de alta densidad	PEAD	Espiga-campana
Polipropileno	PP	Espiga-campana
Acero	Acero	Soldadura, bridas, coples o ranuras moldeadas o talladas con junta mecánica.

El caso que nos ocupa se relaciona directamente con las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD o HDPE por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene). El PEAD es un polímero de la familia olefínica de los termoplásticos. Este polímero se compone por unidades repetitivas de etileno polimerizado a bajas presiones (hasta 30 atm), mediante radicales libres.

Las características principales del PEAD son:

- Excelente resistencia térmica y química.
- Muy buena resistencia al impacto.
- Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.
- Muy buena procesabilidad.
- Es flexible, aún a bajas temperaturas.
- Es tenaz.
- Buena rigidez.
- Es muy ligero.
- Su densidad es igual o menor a 0.958 g/cm³.
- No es atacado por los ácidos, resistente al agua a 100 °C y a la mayoría de los disolventes ordinarios.

1.2. SISTEMA DE UNIÓN ESPIGA CAMPANA.

Los sistemas de unión se componen de elementos encargados de lograr que una determinada cantidad de tubos se comporten como una sola tubería y que esta, a su vez, responda a las necesidades de operación propias.

Debido a la gran diversidad de factores internos y de condiciones externas en que operan las tuberías, existe una gran variedad de sistemas de unión como lo son; uniones soldadas, unión mediante coples (bridas) y uniones tipo espiga-campana, estas con el propósito de proporcionar a una red de tuberías mayor hermeticidad y asegurando la eficiencia y durabilidad durante su servicio.

El sistema de Unión Espiga-Campana, está compuesta de una conexión mecánica tipo macho y hembra, conformada en el extremo de la unión de cada tubo (es decir, forma parte del mismo). Este tipo de unión permite absorber movimientos generados por asentamientos diferenciales, cambios de temperatura y movimientos sísmicos además de ser el sistema más simple para la instalación con ahorros de tiempos y costos, sin recurrir necesariamente al desarrollo de piezas especiales.

A continuación se muestran algunos tipos de uniones que emplean este tipo de sistema. Figuras 1.5, 1.6 y 1.7.

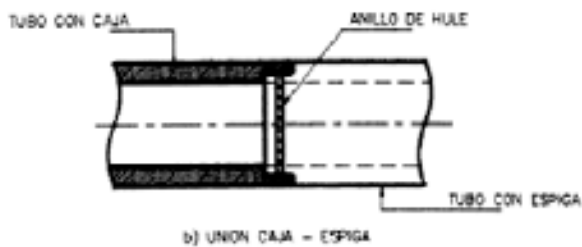
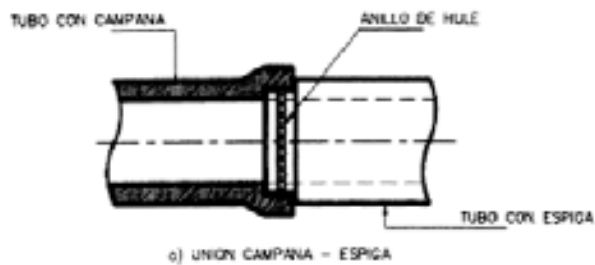


Figura 1.5. Uniones espiga-campana en tubería de concreto simple y reforzado.

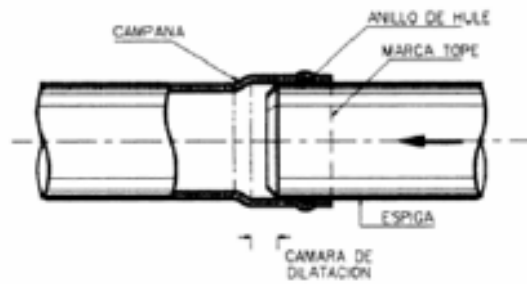


Figura 1.6. Unión campana-espiga en tubería de PVC.

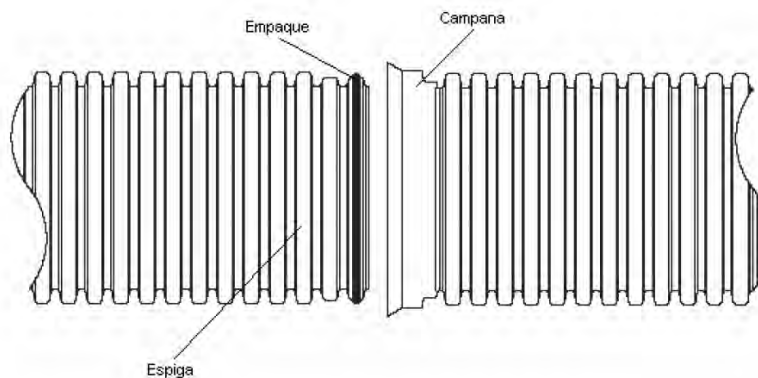


Figura 1.7. Unión espiga campana en tubería corrugada de PEAD.

1.2.1 GEOMETRÍA DE UNIÓN TIPO ESPIGA CAMPANA.

El sistema de unión espiga-campana, está clasificada como una unión mecánica, consta de tres elementos principales, los cuales son: a) la campana integrada a la tubería, b) la espiga (parte a insertar), y c) el empaque de anillo o “gasket” (elemento que realiza el sello hermético entre la espiga y campana). El sistema de unión es relativamente sencillo, consiste en insertar la espiga en la campana, la espiga aloja un empaque sanitario (gasket) el cual, al ser insertada la espiga en la campana, se comprime generando así un sello hermético en la unión con la finalidad de evitar fugas en el sistema.

En la Figura 1.8 se pueden observar los elementos que realizan la hermeticidad en un sistema de unión tipo espiga campana en una tubería corrugada de polietileno de alta Densidad (PEAD), para obtener un sello hermético debido a que aun cuando el sistema de unión es de tipo espiga-campana, presentan elementos y parámetros de diseño diferentes entre cada tipo de tuberías, y en el cual se tomará en cuenta para el desarrollo de este trabajo.



Figura 1.8. Unión tipo espiga-campana en tubería de PEAD.

La distribución de los elementos antes mencionados, así como su geometría y material, varía dependiendo de la aplicación que se le dé a la junta, así como del tipo de tubo que se desea unir. Esto debido a que se puede encontrar una gran variedad de uniones tipo espiga-campana, así como variaciones de ésta.

1.2.2 PRINCIPIO FÍSICO DE LA HERMETICIDAD EN JUNTAS TIPO ESPIGA CAMPANA.

Como se mencionó anteriormente este tipo de unión depende de tres elementos, los cuales generan por medio de interferencia mecánica la hermeticidad del sistema, en la Figura 1.9 se puede notar que la presión ejercida sobre el empaque depende de la geometría de la espiga, de la campana, y de los materiales con que estos dos últimos son fabricados.

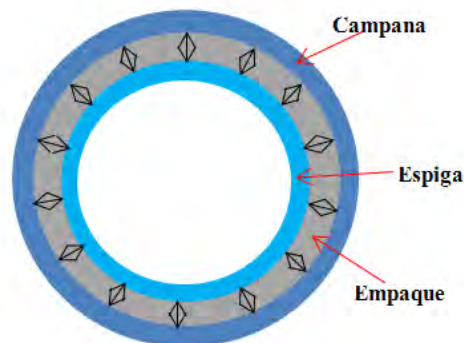


Figura 1.9. Configuración de la junta espiga-empaque-campana.

La interacción del empaque entre los dos elementos que lo confinan (espiga y campana) es un parámetro muy importante pues éste genera las presiones y deflexiones en los elementos que conforman la junta y a su vez es el que garantiza la hermeticidad de la misma.

En la literatura se ha encontrado un estudio que permite comprender el comportamiento mecánico del sistema de unión tipo espiga campana; dicho estudio analiza el conjunto espiga-empaque-campana como un problema de transmisión de carga a través de medios elásticos, es decir, la carga que aplica el empaque sobre la espiga y/o la campana depende de las propiedades elásticas del material de los tres elementos así como de las dimensiones de los mismos. La metodología del estudio considera a la campana como un elemento rígido, es decir, que no sufre deflexión alguna y a la espiga y al empaque como materiales elásticos, esta configuración se asemeja a un caso simple de una viga en cantiléver sujeta a una fuerza generada por la acción de un resorte en su extremo libre Figura 1.10.

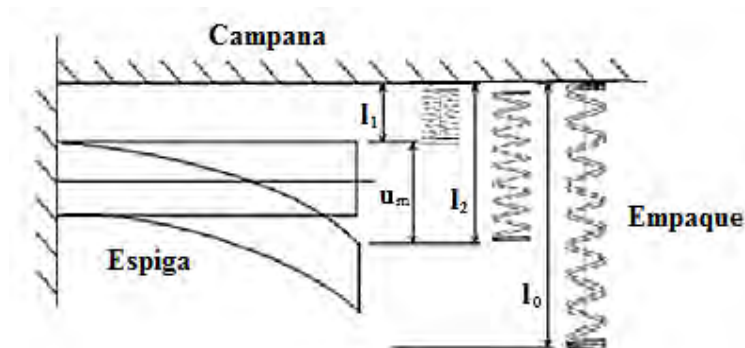


Figura 1.10. Diagrama esquemático de una viga en cantiléver sometida a una carga proveniente de un resorte.

En la Figura 1.10 se considera a la espiga como una viga en cantiléver, a la campana como empotramiento y al empaque como un resorte. El resorte con una longitud l_0 debe ser comprimido hasta alcanzar una longitud l_1 , longitud suficiente para ser introducido entre el empotramiento superior y la viga, como la viga es un medio elástico, sufrirá una deflexión. Lo anterior, de acuerdo a la teoría de mecánica de sólidos.

1.2.3 REFORZAMIENTO DE CAMPANAS.

Como se pudo observar en la sección anterior la carga que aplica el empaque sobre la espiga y la campana de la tubería deben ser consideradas por el fabricante durante su diseño ya que estas cargas pueden ocasionar fallas de hermeticidad si no se consideran los parámetros apropiados.

Debido a lo anterior y para garantizar la hermeticidad en el sistema de unión los fabricantes de este tipo de tuberías optan por incrementar la rigidez en la misma, esto mediante el reforzamiento de la campana. Un ejemplo es el reforzamiento que se utiliza en tuberías de PEAD corrugadas que trabajan por gravedad. En éstas se coloca una banda cerámica (fibra de vidrio orientada embebida en resina) termo-fusionada en forma de cinturón en la campana, posicionada a la misma distancia a la que estará colocado el empaque. Esta adaptación se muestra en la Figura 1.11. De aquí se puede inferir que la posición del refuerzo afectará el desplazamiento que pudieran presentarse por diversas condiciones de presión, por lo cual se puede considerar como un parámetro más en la eficiencia de la junta.

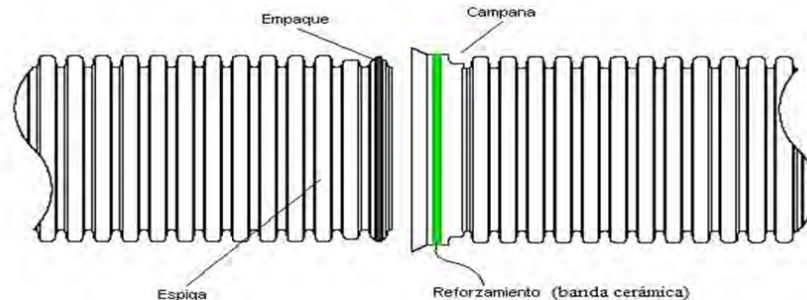


Figura 1. 11. Unión tipo espiga-campaña reforzada con banda cerámica (marca ADS Mexicana).

1.3. HERMETICIDAD DE JUNTAS TIPO ESPIGA-CAMPANA.

Como se mencionó en las secciones anteriores los sistemas de alcantarillado están compuestos por un conjunto de tuberías con diámetro y materiales variados, los cuales requieren de un sistema de unión que permita que una red de tuberías se comporte como si fuera una sola, para lograr esto, se requiere que la red no permita el paso del agua a través de su sistema de unión, entre tubos y accesorios (hermeticidad de juntas), sin embargo, podrían existir fallas de hermeticidad que podrían provocar daños a las mismas tuberías y daños a los mantos acuíferos. Para verificar la hermeticidad en dichos sistemas, se deberá cumplir con diversas condiciones de prueba que establecen las normas vigentes para tuberías plásticas de acuerdo con los organismos operadores de agua.

1.3.1.- NORMAS DE HERMETICIDAD.

Existe a nivel mundial una gran variedad de normas en las cuales se establecen características, especificaciones y métodos de prueba así como las condiciones de hermeticidad que deberán cumplir los sistemas de alcantarillado sanitario que trabajan a superficie libre. Por lo general cada país cuenta con una norma propia.

Es debido a lo anterior que una cantidad considerable de normas son utilizadas para estandarizar el uso de las tuberías. A continuación se enlistan algunos de los organismos que regulan la normatividad que deben cumplir las tuberías para uso en sistemas de alcantarillado sanitario.

- ASTM (American society for testing and materials)
- ANSI (American national standards institute)
- CSA (Canadian standards association)
- AASHTO (American association of state highway and transportation officials)
- ISO (International Organization for Standardization)
- DIN (Deutsches Institut für Normung)
- JIS (Japanese Industrial Standards)
- NMX (Normas Mexicanas).

1.3.2.- NORMAS DE HERMETICIDAD PARA UNIONES TIPO ESPIGA-CAMPANA.

Es importante mencionar que para probar la hermeticidad de tuberías plásticas que emplean el sistema de unión tipo espiga-campaña, existen normas que el gobierno mexicano acepta y aplica a los diversos fabricantes de tuberías que usan dicho sistema de unión para asegurar la hermeticidad en sus juntas. Las normas aplicables son: una norma de campo denominada NOM-001-CNA y otra norma de laboratorio denominada ASTM D-3212.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Norma	Descripción
NOM-001-CNA-1995	Norma Oficial Mexicana de la Comisión Nacional del Agua, para sistemas de alcantarillado sanitario. Especificaciones de hermeticidad.
ASTM D-3212-2007¹	Especificación estándar sobre juntas para tubería de plástico para drenajes sanitario con sellos elastoméricos flexibles.

1.3.2.1- NORMA NOM 001-CNA.

Esta norma mexicana lleva por título “Sistema de alcantarillado sanitario – Especificaciones de hermeticidad” en esta se establecen pruebas de campo que tienen como finalidad determinar si un sistema de alcantarillado sanitario que trabaja por gravedad cumple con las condiciones de hermeticidad en la instalación. Es importante destacar que esta norma es aplicable a cualquier tipo de tubería, junta y accesorio.

Esta prueba debe realizarse en tramos comprendidos entre dos pozos de visita y debe asegurarse su posición, esto es, cubriendo la tubería con el material de relleno y dejando descubiertas las juntas. Dichos tramos deberán ser sellados herméticamente y aseguradas de tal manera que no se tengan desplazamientos durante la prueba.

La prueba consiste en llenar lentamente con agua el sistema, con la finalidad de expulsar el aire contenido en la parte superior de éste, por lo que se debe hacer desde la parte más baja del sistema (dependiendo el material de la tubería se tienen tiempos de pre llenado).

Una vez realizado lo anterior, se debe generar en el sistema una presión manométrica de 0.05 MPa (medición referida al centro del diámetro de la tubería y en el punto más bajo del tramo de prueba) con lo que se puede comenzar a tomar el tiempo de la prueba el cual es de 15 min (en el caso de pre llenados de 1 hora, se debe mantener la presión antes mencionada por 15 min antes de comenzar la prueba). Si es necesario, se puede agregar agua para sustituir el volumen absorbido. La línea de alcantarillado se considera hermética si en la unión de esta no se presentan fugas así como también si el agua agregada durante el periodo de la prueba no excede valores dados en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Valores permisibles de acuerdo al material de la tubería.

Material de la tubería	Diámetro nominal en mm	Tiempo de prellenado en hrs	Agua agregada en L/m ² de superficie interna mojada	Presión de prueba en MPa
Fibro cemento	Todos los diámetro nominales	24	0.02	0.05
Plástico	Todos los diámetro nominales	1	0.02	0.05
Concreto simple	Hasta 600	24	0.15	0.05
Concreto reforzado	Todos los diámetro nominales	24	0.10	0.05

Esta norma propone la realización de una prueba neumática, la cual podrá ser aplicada a diámetros nominales que no excedan 630 mm, siempre que los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario consideren factible la ejecución de tal prueba.

¹ Al término del presente trabajo, el método de prueba que aplica en el territorio mexicano es el de la norma mexicana NMX-E-241-CNCP-2013 la cual adoptó el método de prueba de la ASTM D-3212.

Por lo que respecta a este trabajo los criterios de diseño para el desarrollo de los equipos derivan de la norma ASTM D-3212.

1.3.2.2-NORMA ASTM D-3212.

Esta norma lleva por nombre “Especificación estándar para uniones de tuberías plásticas para drenaje y Alcantarillado que utilicen juntas de elastómero flexible”, y pretende cubrir los requerimientos y métodos de prueba, así como los materiales aceptables, para dar confiabilidad a los requisitos de funcionamiento.

Para objeto del presente trabajo solo se tomará en cuenta de esta norma, las pruebas y métodos requeridos para la hermeticidad en uniones o juntas de sistemas de tuberías plásticas.

Esta norma tiene como parte de sus requerimientos generales que las uniones no deberán tener fugas cuando se sujeten a las presiones hidrostáticas indicadas en el siguiente método de prueba.

Pruebas base de la norma.

Para poder realizar las pruebas de hermeticidad que establece esta norma se requiere realizar un arreglo como el que se indica en la Figura 1.12, el cual consiste en ensamblar la espiga y la campana, sellar los extremos libres de los elementos mediante cementado o mecánicamente para desarrollar la prueba de presión y vacío.

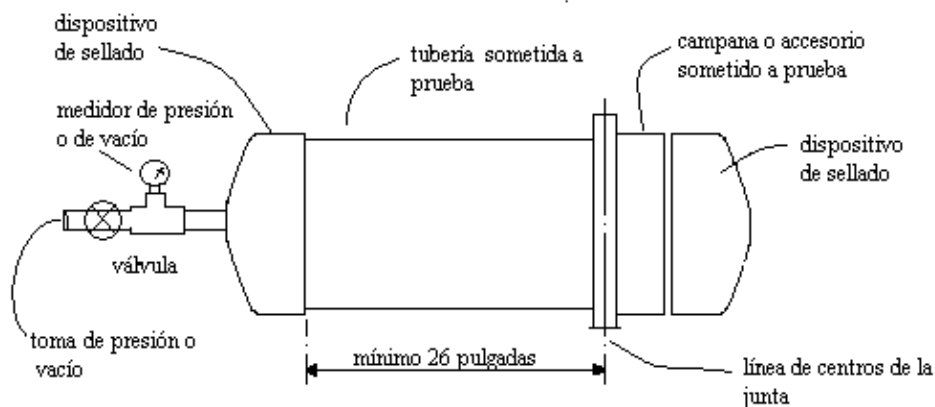


Figura 1.12. Arreglo de probeta ASTM D-3212.

Prueba de presión interna.

Se deberá llenar el ensamble propuesto anteriormente con agua. Se deberá de proveer de restricciones externas en el equipo de prueba para prevenir la separación de la junta bajo presión. Se aplicará una presión de 74 kPa (10.8 psi) por 10 minutos. Si se aprecian fugas, representará falla.

Prueba de vacío.

Se deberá aplicar un vacío de 74 kPa (22 inHg). Para esta prueba, una vez alcanzado el vacío, se deberá cerrar la válvula y retirar la línea de vacío permitiendo que el ensamble se mantenga en esta condición por un periodo mínimo de 10 minutos. Durante este tiempo la presión interna no deberá cambiar más de 3 kPa (1 inHg).

CAPÍTULO 2. DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD.

Es el alcance de este capítulo describir el diseño conceptual de los elementos principales de los equipos de hermeticidad.

En este capítulo se presentan los conceptos solución considerados para cada sistema y sub-sistema que conforman a los equipos de hermeticidad. Esta metodología se aplica con el fin de facilitar el proceso de diseño mediante un desglose de los sistemas y partes identificados por el equipo de diseño y que deberán cumplir de manera correcta con las especificaciones presentadas durante la etapa de inicio del proyecto. Estos sistemas y partes se esquematizan en conceptos para determinar de manera gráfica y clara las funciones con que cada uno deberá cumplir.

La primera consideración que se determinó, fue la de realizar dos equipos que cubrieran el rango amplio de diámetros de los productos (2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30, 36, 42, 48 y 60 pulg). El primer equipo abarcaría de 2 a 24 pulg y el segundo de 30 a 60 pulg. También se acordó que ambos equipos tuvieran los mismos sistemas e igual configuración de la estructura base ya que debían satisfacer idénticos requerimientos. El primer equipo se nombró con el código EPH-24 y el segundo equipo con el código EPH-60.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

2.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.

Como ya se ha mencionado los requerimientos de diseño que los equipos deben satisfacer están dados por la norma ASTM D-3212 y deben cumplir con las seis pruebas que se indican en dicha norma y las cuales se resumen en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Pruebas requeridas por la norma ASTM D-3212.

Prueba	Tipo de prueba
1	Presión a 74 kPa con el arreglo en posición horizontal.
2	Presión aplicando una deflexión del 5 % del diámetro exterior del tubo con el arreglo en posición horizontal.
3	Presión aplicando una desalineación, dada por el fabricante, respecto al eje longitudinal del arreglo.
4	Vacío a 22 inHg con el arreglo en posición horizontal.
5	Vacío aplicando una deflexión del 5 % del diámetro exterior del tubo con el arreglo en posición horizontal.
6	Vacío aplicando una desalineación, dada por el fabricante, respecto al eje longitudinal del arreglo.

En la Tabla 2.2 se presentan los requerimientos primarios y secundarios que fueron considerados para el diseño de los equipos. Los requerimientos primarios se debieron satisfacer completamente para asegurar el objetivo de los equipos. En cuanto a los requerimientos secundarios no fue necesario que se cubrieran al 100 % para cumplir con el objetivo, sin embargo, se tomaron en cuenta para un adecuado diseño de los equipos.

Tabla 2.2 Requerimientos considerados para el diseño de los equipos

Requerimientos primarios	Requerimientos secundarios
<ul style="list-style-type: none">• Contar con una estructura rígida capaz de soportar las cargas generadas durante toda la prueba y capaz de sujetar las muestras de tal manera que el conjunto espiga-campana se mantenga ensamblado durante la misma.• Contar con un sistema capaz de deflectar un arreglo de unión de tubería espiga-campana hasta el 5 % de su diámetro exterior.• Incluir un sistema capaz de llenar el conjunto espiga-campana con agua hasta una presión de 74 kPa (10.8 psi). Y otro para aplicar un vacío de 74 kPa (22 inHg).• Capacidad de desalinear el eje longitudinal del ensamble espiga-campana hasta $\pm 3^\circ$ respecto al mismo eje.• Contar con restricciones externas al arreglo espiga-campana para evitar la separación de la junta bajo presión.• Mantener un periodo de trabajo de 10 minutos continuos sin presentar fallas durante las pruebas inherentes al equipo.• Contar con un sistema de cierre para sellar los extremos libres de las muestras de tal manera que el conjunto espiga-campana se mantenga unido durante las pruebas.	<ul style="list-style-type: none">• Los equipos deberán ser operados por una sola persona asegurando la integridad física de ésta.• La operación del equipo debe ser rápida y sencilla.• Los equipos deben ser semiautomáticos.

Mediante el uso de metodologías de generación de conceptos se obtuvieron diversas configuraciones de los sistemas constitutivos de los equipos, los cuales se fueron depurando para reducir su número hasta conseguir una cantidad de conceptos idóneos para la determinación de su diseño de detalle. A continuación se muestran algunos de los sistemas obtenidos durante este proceso.

2.2. SISTEMAS CONSTITUTIVOS DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD.

Los sistemas que se consideraron para el diseño conceptual de los equipos se enlistan a continuación:

- Estructura rígida cuya función será soportar a los demás sistemas y subsistemas, así como al arreglo espiga-campana a probar.
- Sistema de cierre para sellar el sistema espiga-campana en los extremos de las probetas.
- Sistema capaz de aplicar una desalineación del ensamble espiga-campana con respecto a su eje longitudinal inicial de hasta $\pm 3^\circ$.
- Sistema capaz de aplicar una carga suficiente con el fin de deflectar el arreglo espiga-campana hasta un 5 % del diámetro exterior de los tubos a probar.
- Sistema de restricción externa al arreglo espiga-campana para evitar la separación de la junta debido al peso de los arreglos.
- Sistema de manipulación de los tramos de los tubos a utilizarse según aplique.
- Uno o varios sistemas de accionamiento para los dispositivos hidráulico, neumático y/o mecánico.
- Sistema de medición y control para la deflexión, desalineación, presión y vacío durante las pruebas.

En la Figura 2.1 se presenta un bosquejo general generado durante las primeras etapas que sirvió para conceptualizar ambos equipos.

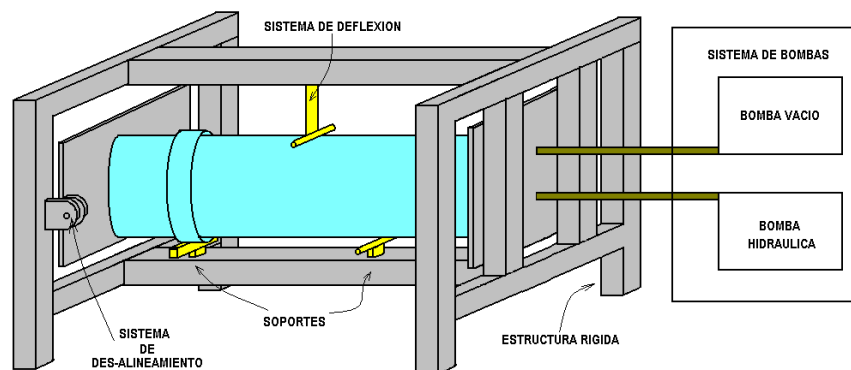


Figura 2.1 Diagrama general de los sistemas requerimientos para realizar la prueba de hermeticidad de acuerdo a la norma ASTM D-3212.

A continuación se presenta el análisis que se realizó para cada uno de los sistemas considerados en el diseño conceptual.

2.2.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL.

La estructura a considerar para el diseño de los equipos debía satisfacer los siguientes requerimientos:

- Estructura rígida capaz de soportar las cargas generadas durante las pruebas.
- Su configuración debe de ser de tal manera que el arreglo espiga-campana quede colocado en posición horizontal.

Con el fin de obtener la configuración de la estructura que se ajuste al proyecto y de acuerdo a los requerimientos anteriormente descritos, en la Figura 2.2 se muestra la configuración estructural que fue tomada como la opción viable para el desarrollo de los equipos. Es importante mencionar que durante todo el proyecto este concepto fue ligeramente modificado para el montaje de los demás elementos y sistemas a la estructura principal.

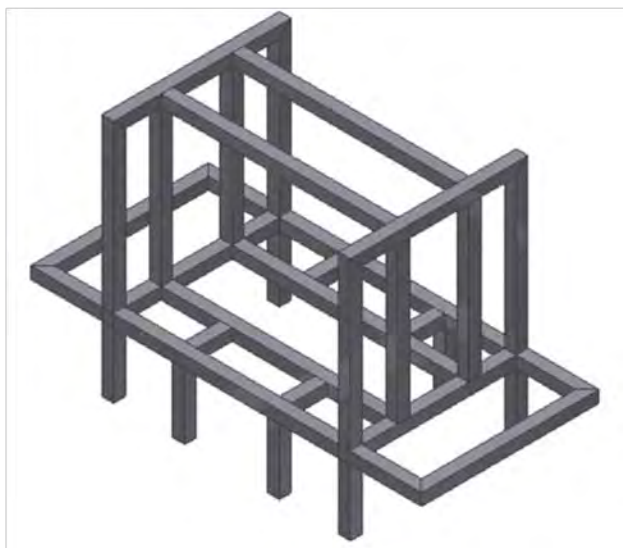


Figura 2.2. Configuración de la estructura para el equipo EPH-60, concepto.

2.2.2. SISTEMA DE CIERRE ESPIGA-CAMPANA.

El sistema de cierre debe asegurar un sello hermético de los extremos del arreglo espiga-campana para evitar fugas de agua o variación de presión interna en el mismo durante las pruebas. Para poder hacer un mejor análisis de este sistema se optó por dividirlo en tres sub-sistemas listados a continuación:

- Sistema de sello hermético.
- Sistema de cierre espiga.
- Sistema de cierre campana y desalineación.

2.2.2.1. SUBSISTEMA DE SELLO HERMÉTICO.

Para generar el diseño conceptual de este sistema se tomó en consideración que tanto para el sistema de cierre espiga como para el sistema de cierre campana los elementos que efectúen el sello hermético tendrán la misma configuración por lo que se menciona un solo concepto. A continuación se enlistan los elementos que conforman el sistema para el sello hermético.

- Estructura rígida que permita por un lado soportar las cargas que se generan durante la realización de las pruebas y por el otro la colocación del elemento que sellará herméticamente los extremos de la tubería.
- Un sistema para sellar herméticamente los extremos de los tubos con la rigidez necesaria para soportar las cargas que se generan al realizar las pruebas.

A continuación se da una descripción de los elementos considerados para este subsistema.

Marco

Una de las características básicas que se consideran para el diseño es que la estructura debe ser rígida para soportar las cargas generadas durante las pruebas sin presentar deformaciones aparentes. Se determina que la estructura sea de tipo armazón, ya que la carga aplicada como resultado de las pruebas a realizar en el equipo se distribuirá sobre su superficie. Se determinó un concepto que se muestra en la Figura 2.3, el cual será empleado tanto para la estructura montada del lado de la campana y otro para el montaje en el lado de la espiga, a los cuales se le denominaron: marco pivote y marco deslizante respectivamente. Así, aunque los marcos parten de un concepto común, al final tienen ciertas diferencias en cuanto a su configuración, dependiendo de su función dentro del equipo lo cual se detallará más adelante.

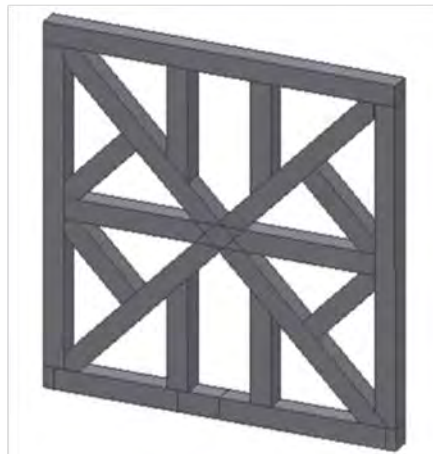


Figura 2.3. Configuración básica de los marcos que forman parte del sistema de cierre.

Moldes

Estos elementos son montados en los extremos del conjunto espiga campana y son los encargados del sello hermético en los extremos de las probetas.

Los moldes consisten en una placa de aluminio circular soldada a un par de perfiles de aluminio rolados que alojarán una cámara de hule, la cual realizará, por medio de una presión de aire, el sello hermético en los extremos de la tubería. Es importante mencionar que para el diseño de estas tapas se consideraron las cargas a las que estarán sometidos, así como el peso de cada una de ellas, ya que estas serán montadas y desmontadas por un operario de acuerdo al diámetro del tubo a probar. En la Figura 2.4 se muestra la configuración de estos elementos.

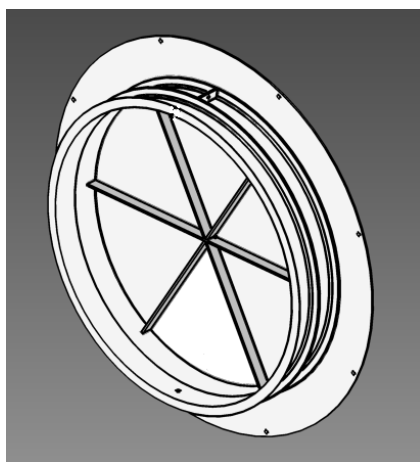


Figura 2.4. Configuración de los moldes a utilizar en los equipos.

2.2.2.2 SUBSISTEMA DE CIERRE ESPIGA.

Este sistema tendrá la función de desplazarse linealmente en dos sentidos con la finalidad de insertar la espiga con la campana, posicionar los moldes para realizar el cierre hermético del sistema y soportar las cargas generadas durante las pruebas.

Para lograr lo anterior se consideró el uso de un mecanismo de tornillo de potencia, en cual se moverá por la acción de un motorreductor que acciona el tornillo por medio de un sistema flexible de cadena. Este mecanismo permite trasladar el marco deslizante longitudinalmente de manera suave y uniforme para la inserción de la espiga en la campana. En la Figura 2.5 se muestra un esquema del mecanismo utilizado.

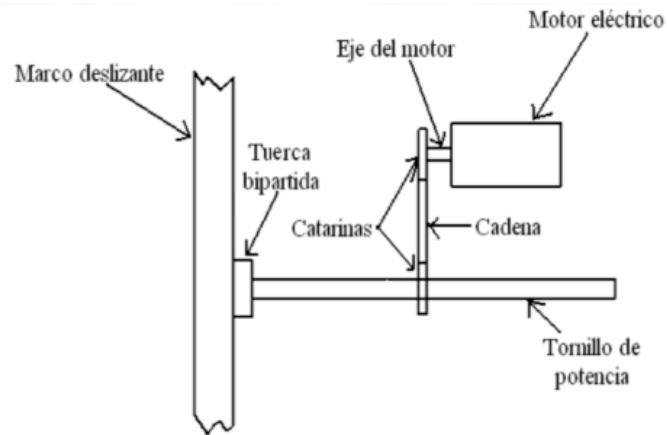


Figura 2.5. Sistema conceptual para el desplazamiento del marco deslizante.

2.2.2.3 SUBSISTEMA DE CIERRE CAMPANA Y DE DESALINEACIÓN.

Debido a que la norma ASTM D-3212 indica que una de las pruebas involucra una desalineación del arreglo espiga-campana se propuso que éste se ejecutara del lado del sistema de cierre campana.

En el equipo (EPH-60) los tramos de la campana, así como de la espiga, varían de longitud y de dimensiones de sus corrugaciones en función de su diámetro nominal. En el lado de la espiga se pueden controlar estas variaciones con el desplazamiento del marco deslizante. El sistema de desplazamiento en el lado de la campana tiene la función de ajustar el cambio en la longitud de la campana para lograr el cierre hermético del arreglo.

Para realizar el cierre hermético y la desalineación fue necesario analizar el problema dividido en dos subsistemas:

- Subsistema de desalineación.
- Subsistema de desplazamiento.

Subsistema de desalineación

Este subsistema tiene la función de desalinear el arreglo espiga-campana +/- 3 grados respecto al eje longitudinal del arreglo en cuestión.

Con el objeto de cumplir con los requerimientos que indica la norma con respecto a la desalineación, se llegó a la conclusión de agregar dos brazos a la configuración básica de uno de los marcos mostrados en la Figura 2.3 con el fin de permitir que el marco gire respecto a los extremos libres de los brazos (ver Figura 2.6) y por consiguiente que el arreglo pudiera conseguir la desalineación necesaria, a dicho arreglo se le denominó marco pivote.

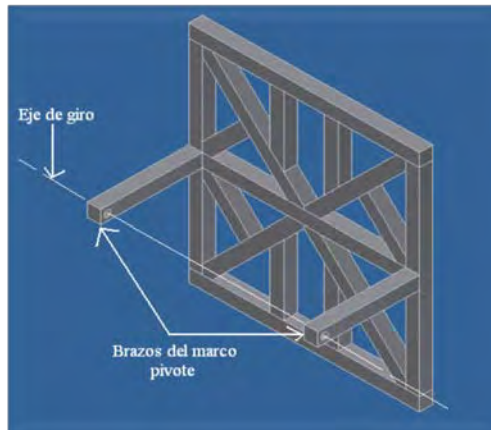


Figura 2.6. Configuración básica del marco pivote para lograr la desalineación en el equipo.

Así mismo a la configuración de la estructura básica se le añadieron dos soportes laterales para acoplar el marco pivote por medio de pernos, esto permitirá el giro del marco con respecto a la estructura principal (ver Figura 2.7).

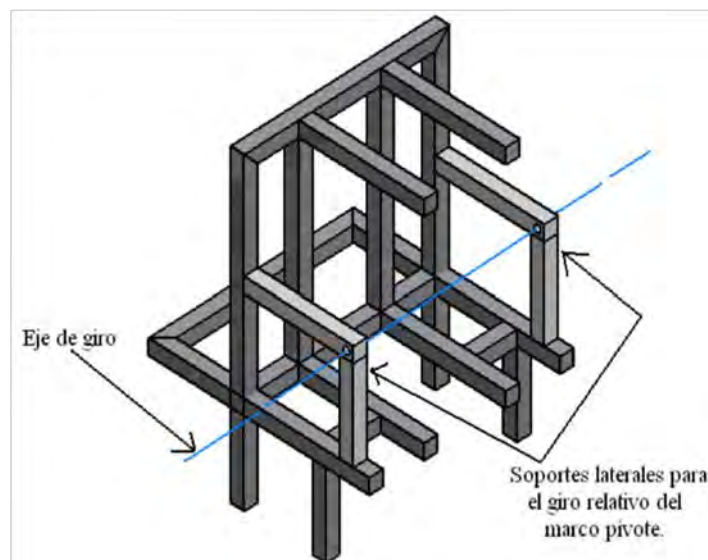


Figura 2.7. Configuración básica de los soportes laterales para marco pivote.

Una vez obtenido el mecanismo que permite el movimiento (desalineación), se requiere de un elemento que gire al marco pivote $\pm 3^\circ$ respecto a la horizontal por medio de la acción de una fuerza. Para dicha tarea se eligieron actuadores hidráulicos ya que estos ofrecen una gran capacidad de carga, avances lentos y de gran precisión. En el arreglo se determinó colocar dos actuadores en la parte inferior del marco pivote, ya que de esta manera ayudaría a lograr un desplazamiento simétrico y una distribución de carga uniforme (ver Figura 2.8). El tipo de unión utilizado en estos elementos permite el giro del marco con respecto al vástago del actuador con la finalidad de evitar atascamientos.

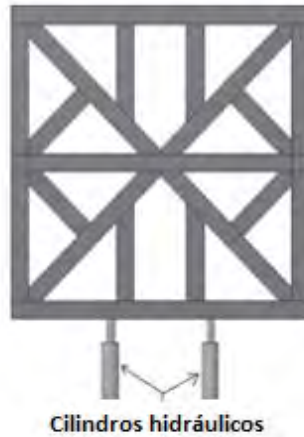


Figura 2.8. Vista frontal de la configuración básica de los cilindros encargados de desalinear el ensamble espiga-campana montados en el marco pivote.

Subsistema de desplazamiento

Aprovechando el sistema hidráulico utilizado para los actuadores antes descritos se resolvió instalar actuadores hidráulicos para soportar la carga generada durante las pruebas y para desplazar el marco pivote la distancia requerida según el diámetro nominal de la tubería a ensayar. La configuración elegida se muestra en la Figura 2.9.

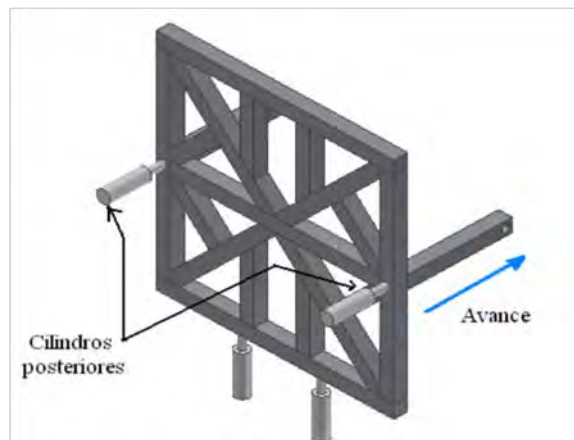


Figura 2.9. Vista de los cilindros posteriores encargados de desplazar el marco pivote para ajustar la distancia del cierre.

2.2.3. SISTEMA DE APLICACIÓN DE CARGA.

Este sistema tiene la función de aplicar la carga necesaria para lograr la deflexión del arreglo espiga-campana de hasta el 5% de su diámetro exterior. En cuanto a la manera de aplicar la carga se consideró realizarla por medio de un actuador hidráulico.

La posición del actuador hidráulico se planteó en una posición vertical, perpendicular al arreglo espiga-campana, aplicando la fuerza de arriba hacia abajo mediante el vástago del actuador, como se muestra en la Figura 2.10.

Es importante mencionar que el actuador hidráulico debe ser capaz de desplazarse horizontalmente en un rango aproximado de 20 pulg (50.8 cm) para adaptarse al punto de aplicación de la carga según el diámetro del tubo a ensayar, tal como lo indica la norma en cuestión.

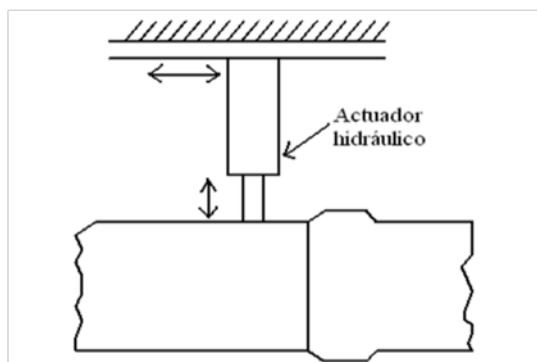


Figura 2.10. Configuración del cilindro hidráulico encargado de aplicar la fuerza para lograr la deflexión del arreglo espiga-campana.

En cuanto al mecanismo para desplazar el actuador hidráulico de acuerdo a las especificaciones, se eligió un arreglo similar al propuesto para el movimiento lineal del marco deslizante y la transmisión de potencia mostrado en la figura 2.5. Utilizando un tornillo de potencia y un reductor, así como un sistema flexible por cadena. Ver Figura 2.11.

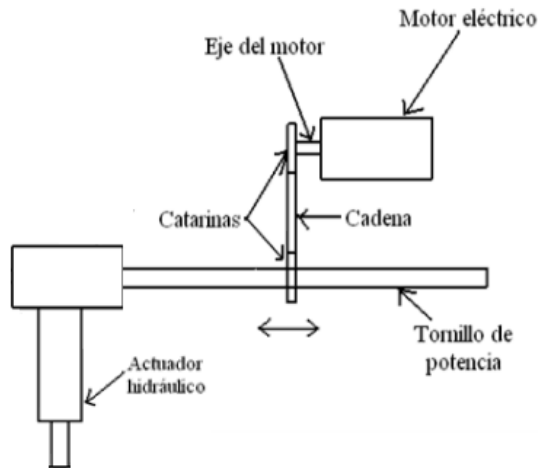


Figura 2.11. Sistema de movimiento para desplazar el aplicador de carga de acuerdo a las distancias que indica la norma ASTM D-3212.

2.2.4. SISTEMA DE RESTRICCIÓN EXTERNA.

Es importante contar con restricciones externas para evitar la separación de la junta bajo presión. Esto lo indica la norma ASTM D-3212. En la norma, también, se da la geometría y las dimensiones de las secciones transversales de dos apoyos que funcionan como las restricciones mencionadas, uno cuadrado y otro redondo. Además se indica la posición de estos apoyos a lo largo del arreglo espiga-campana. Es importante mencionar que la norma no limita el número ni el tipo de apoyos (restricciones) en el ensamble.

Como ya se indicó, la norma establece la geometría y las dimensiones de las secciones transversales. Sin embargo, se requiere determinar el mecanismo adecuado para desplazar estos apoyos a las distintas posiciones según los diferentes diámetros de la tubería a probar. Así mismo es importante poder cambiar la altura de cada apoyo, ya que en cuanto mayor sea el diámetro del tubo menor es el espacio disponible y viceversa.

Este sistema se dividió en dos subsistemas siguientes:

- Sistema de variación de la altura de los apoyos.
- Mecanismo de desplazamiento de los apoyos.

En cuanto al primer punto se determinó usar actuadores hidráulicos para controlar la altura y para soportar la carga del arreglo, estos fueron adaptados a los accesorios obligados los cuáles son: el soporte redondo y el soporte cuadrado. La ventaja en cuanto a usar actuadores hidráulicos en este sistema es que pueden ser manejados desde un tablero de control, evitándole al operario maniobras innecesarias. Logrando con esto semiautomatizar el proceso. Estos actuadores complementarán el sistema hidráulico ya contemplado para las soluciones anteriores.

En este punto es importante determinar el mecanismo de acoplamiento entre los soportes, (redondo y cuadrado), y los cilindros hidráulicos. Es claro que la carrera de los actuadores nos limita en la altura alcanzada. Esto es un problema ya que comercialmente no es fácil encontrar cilindros con grandes carreras, por lo que generalmente son de fabricación especial, lo que al final repercute en un costo elevado de los mismos. Por esta razón se decidió utilizar un mecanismo que nos permitiera variar la posición final del vástago sin necesidad de aumentar la longitud de este. Por consiguiente se consideró un acoplamiento como el mostrado en la Figura 2.12 en el cuál es posible aumentar la altura efectiva cambiando el pasador de posición.

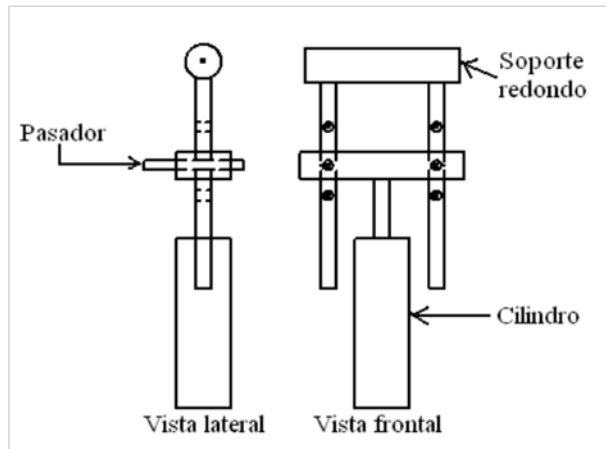


Figura 2.12. Mecanismo conceptual del ensamble de los soportes.

En lo que al Mecanismo de desplazamiento de los apoyos se refiere, la colocación de los apoyos a lo largo de la distancia delimitada se contempló que se llevara a cabo de manera manual, apoyándose estos, en rodamientos para facilitar el desplazamiento. En este caso se decidió dejar el apoyo cuadrado, el cuál va colocado justo a la mitad del empaque de la junta del arreglo espiga-campana, fijo en un punto como referencia para los demás soportes, ver Figura 2.13.

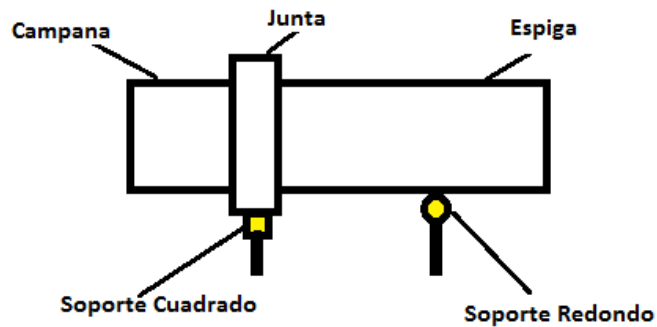


Figura 2.13. Ubicación de los soportes en la estructura principal.

De esta manera el apoyo redondo es el que se desplazaría a la distancia correspondiente. Además de estos apoyos se consideró la opción de proveer al sistema de un apoyo más, el cual se considera colocado entre el soporte cuadrado y el soporte redondo. Este apoyo extra tendría la libertad de desplazarse a las diferentes distancias en función del diámetro de la tubería y ayudado, al igual que el soporte redondo, por rodamientos, ver figura 2.14.

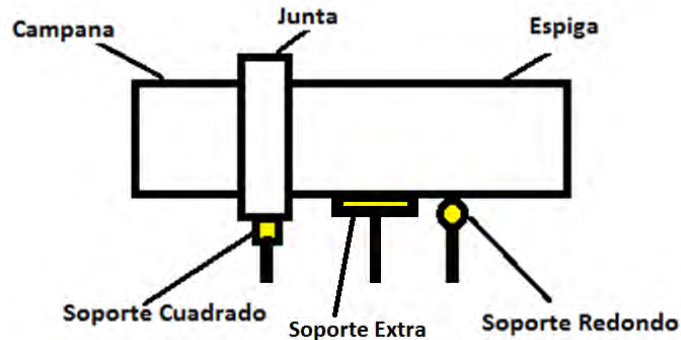


Figura 2.14. Ubicación del soporte extra.

2.2.3. SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE LAS PROBETAS.

Los moldes y los tramos de tubería (espiga y campana) a ensayar suelen ser manipulados entre dos personas, en el caso de tuberías que van de 30 a 60 pulg de diámetro; este proceso suele ser tardado, inseguro e incómodo para el personal que realizará las pruebas.

De esta manera se hace necesario utilizar un mecanismo que ayude a facilitar la colocación de las tuberías a ensayar, así como de los dispositivos para el sello hermético, tanto del lado de la espiga como el lado de la campana dentro del equipo de hermeticidad EPH-60. Se propuso que, tanto los moldes como los tramos de tuberías a ensayar, se manipularan mediante un polipasto. Este sistema estará acoplado en la parte superior de la estructura como lo muestra la Figura 2.15, permitiendo manipular las tapas y probetas de una manera rápida y eficiente por un operario.

Cabe mencionar que este dispositivo sólo será adaptado al equipo EPH-60 ya que en el equipo EPH-24 los tramos de las tuberías son menores en tamaño y peso, por lo que es posible su manipulación de manera manual.

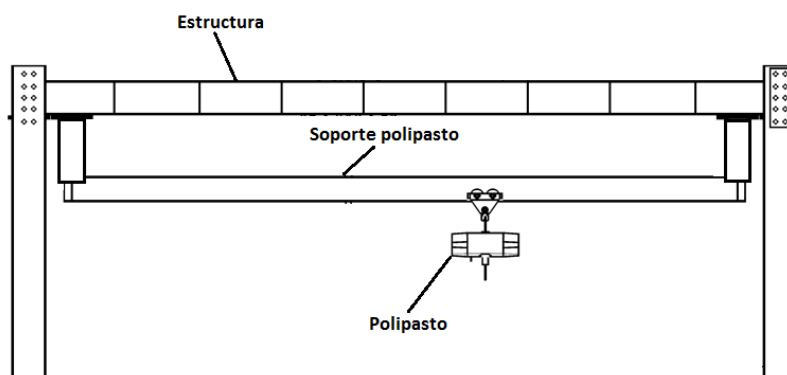


Figura 2.15. Posición del polipasto en el equipo.

2.2.4. SISTEMAS HIDRÁULICO, NEUMÁTICO Y MECÁNICO.

En esta sección se analizan los elementos periféricos de accionamiento de los sistemas.

2.2.4.1. SISTEMA HIDRÁULICO DE POTENCIA.

Con base en lo descrito en secciones anteriores de este capítulo, los equipos están constituidos de elementos estructurales rígidos y de elementos mecánicos que requieren de ciertos movimientos, movimientos que se controlarán por medio de un sistema hidráulico de potencia. Este sistema estará compuesto por una serie de válvulas, actuadores, distribuidores de flujo y una bomba hidráulica que permitan:

- Aplicar la carga necesaria para la deflexión de la probeta espiga.
- Desplazar angularmente el marco pivote para lograr la desalineación de la unión de las probetas.
- Desplazar longitudinalmente el marco pivote para ajustar la colocación del empaque en el apoyo cuadrado, de acuerdo al tamaño del tubo a ensayar.
- Desplazar verticalmente los apoyos para los distintos tamaños de probetas que se ensayarán.

Considerando lo anterior, en la Figura 2.16 se muestra un diagrama general del sistema hidráulico de potencia propuesto para la operación de cada uno de los sistemas mencionados anteriormente. En el diagrama se pueden observar los actuadores hidráulicos etiquetados con códigos desde el C1 hasta C8. El C1 corresponde al soporte redondo, el C2 al soporte extra, el C3 al soporte cuadrado, el C4 y el C5 a los actuadores encargados de rotar el marco pivote, el C6 y el C7 a los encargados de posicionar el marco pivote a la distancia adecuada según corresponda y el C8 al actuador encargado de deflectar la espiga el 5 % de su diámetro externo. En la Figura 2.17 se muestra el diagrama correspondiente al equipo EPH-24 junto con sus códigos correspondientes.

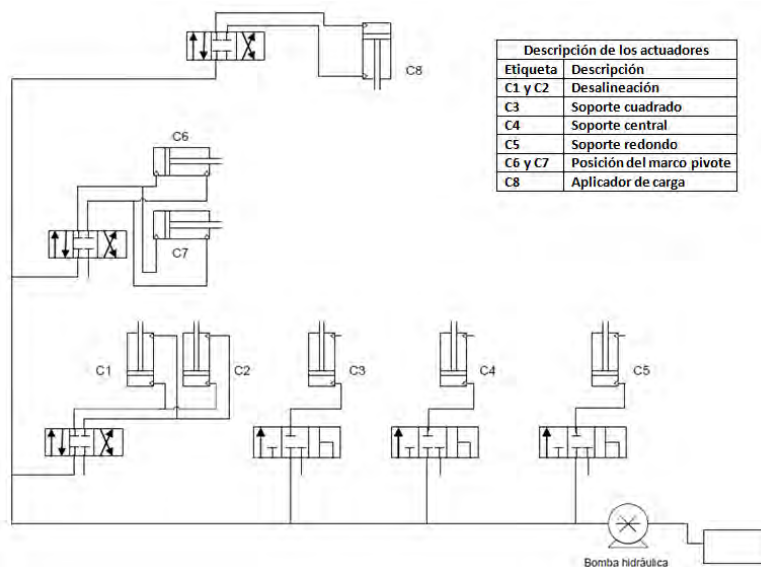


Figura 2.16. Diagrama del sistema de potencia para el equipo EPH-60.

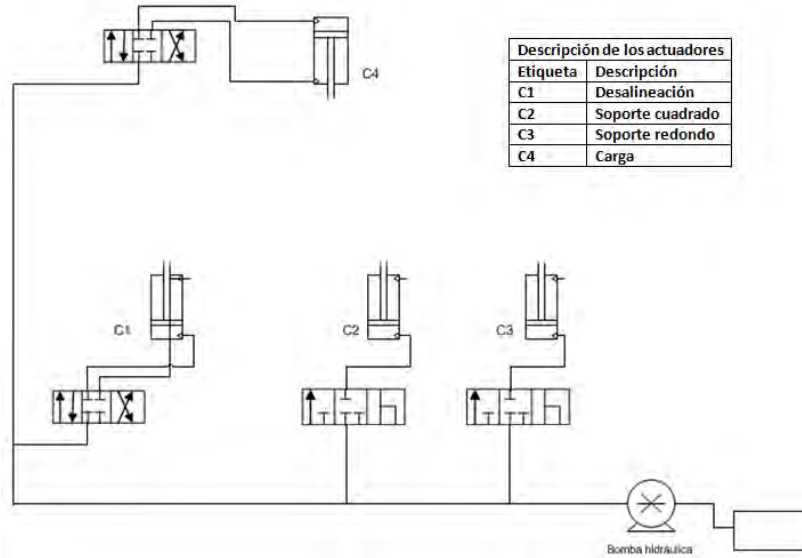


Figura 2.17. Diagrama del sistema de potencia para el equipo EPH-24.

2.2.4.2. SISTEMA PARA PRUEBAS DE PRESIÓN.

Como parte de los requerimientos de la norma ASTM D-3212, para poder realizar pruebas de hermeticidad se requiere llenar de agua el conjunto espiga campana y elevar la presión hasta 74 kPa (10.8 psi). Para lograr esto se requiere de un sistema hidráulico que pueda suministrar de agua al conjunto espiga-campana. Para ello se determinó utilizar un arreglo tipo bypass, el cual consiste en un arreglo de tuberías y válvulas para la carga de agua al conjunto espiga-campana y la posterior descarga de la misma. Se propone un sensor que permita medir la presión requerida por la norma para la realización de la prueba. Dicho sistema será diseñado de acuerdo al caudal de agua requerido para la prueba, la presión requerida y el tiempo de llenado. La cantidad de agua a manejar para que ambos equipos trabajen en paralelo, considerando los diámetros mayores en cada uno (24 y 60 pulg), es de aproximadamente 8 m³.

En las Figuras 2.18 y 2.19 se muestran los arreglos propuestos para realizar las pruebas de presión positiva en los equipos EPH-60 y EPH-24 sucesivamente. Para el equipo EPH-60 se muestra la bomba de agua en el extremo izquierdo con la descarga en la parte superior y con la toma en la parte frontal. Mediante las válvulas etiquetadas con la letra "V" se controla la dirección del flujo según corresponda. La válvula "V9" se propone que sea una válvula de seguridad para evitar sobrepasar la presión necesaria, como medida de seguridad. En la imagen se señala la conexión hacia las probetas. El caso del sistema propuesto para el equipo EPH-24 es muy similar al del equipo EPH-60.

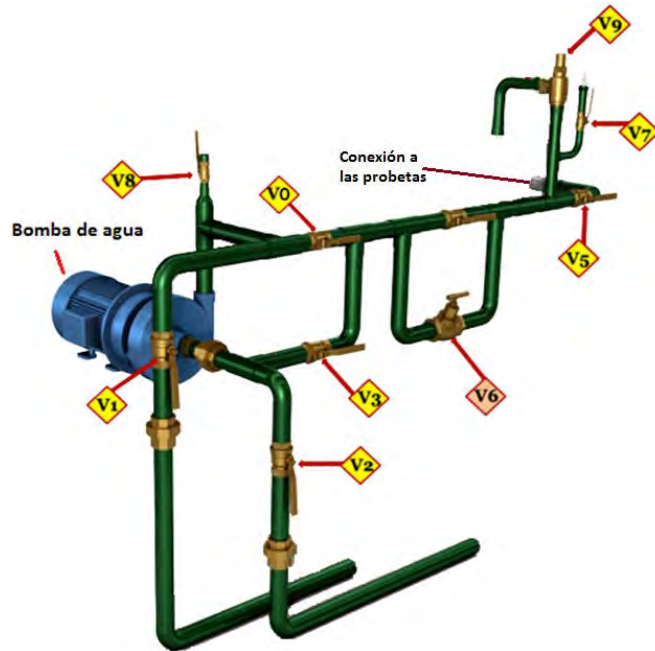


Figura 2.18. Arreglo propuesto para el llenado de agua en el equipo EPH-60.



Figura 2.19. Arreglo propuesto para el llenado de agua en el equipo EPH-24.

2.2.4.3. SISTEMA PARA PRUEBAS DE VACÍO.

Este sistema debe realizar el vacío necesario para llevar a cabo parte de las pruebas de hermeticidad, dicha prueba solicita que el arreglo espiga-campana se someta a un vacío de 559 mmHg (22 inHg) durante un periodo de 10 minutos, para ello se requiere de una bomba de vacío con la capacidad de alcanzar este vacío así como un arreglo de tuberías para dicha prueba. Este elemento se propuso separado del bypass determinado para la presión positiva con el fin de evitar la entrada de agua al sistema de vacío. La propuesta para el equipo EPH-60 y para el equipo EPH-24 se puede observar en la Figura 2.20. Este sistema tendrá una válvula anti retorno y una válvula para controlar el vacío.

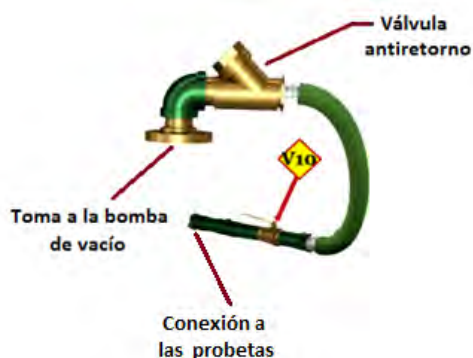


Figura 2.20. Arreglo propuesto para realizar el vacío en ambos equipos.

2.2.5. SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL.

Como se puede observar hasta ahora se han definido los elementos estructurales y los dispositivos requeridos que conformaran los equipos de prueba. Sin embargo, se requiere de un sistema de medición y lectura que nos permita observar las mediciones de los diferentes parámetros que indica la norma durante la prueba, los cuales son:

- Presión: se someterá al sistema a una presión de 74 kPa (10.8 psi).
- Vacío: se someterá al sistema a un vacío de 559 mmHg (22 inHg).
- Desalineación del arreglo espiga-campana +/- 3 grados respecto al eje longitudinal del arreglo en cuestión.
- Deflexión del arreglo espiga-campana de hasta el 5% de su diámetro exterior.

Para este sistema se propuso utilizar sensores digitales para su conexión a displays montados en un panel de control. Para cada una de las funciones indicadas existen una amplia variedad de transductores comerciales que cumplen con cada una de ellas y de los que se seleccionará al más adecuado.

Así mismo se requerirá de un tablero central de control en el que se realizará el arranque y paro general, y el arranque y paro de cada equipo para los sistemas hidráulico de potencia, hidráulico, eléctrico y de medición. Este panel debe permitir al operario manipular los sistemas y verificar los valores de las variables de interés durante las pruebas. Este elemento se determinó una vez que se seleccionaron los equipos electromecánicos, ya que depende de las características y capacidades de los mismos.

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE DETALLE DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD.

Es el alcance de este capítulo describir el proceso de diseño de los elementos críticos de los equipos de hermeticidad. Se presentan los análisis y la selección divididos en sistemas.

En el presente capítulo se muestran los criterios de diseño empleados para garantizar la resistencia mecánica de los elementos estructurales críticos de los equipos EPH-60 y EPH-24, así como la selección de los accesorios de los sistemas de potencia, de desplazamiento, de presión y vacío. Esta parte del capítulo también involucra la selección de los equipos auxiliares a utilizar para el cumplimiento de los requerimientos de diseño.

Por último se enlistan los equipos y elementos secundarios que forman parte de los sistemas complementarios y el criterio de selección de los mismos.

En los Anexo A y B se incluyen planos de ensamble generados durante el proceso del diseño de detalle, por motivos de confidencialidad no se presentan los planos completos.

3.1. DISEÑO DE DETALLE.

Una vez seleccionado el concepto se procedió a generar el modelado de los equipos mediante el uso del software CAD, Inventor de Autodesk con el propósito de especificar la geometría final de los sistemas, elementos y dispositivos que constituyen los equipos de hermeticidad, así como el ensamble de estos. En las Figuras 3.1 y 3.2 se presentan los dibujos de los equipos EPH-60 y EPH-24, respectivamente, en los que se muestran las propuestas de su configuración para su análisis.

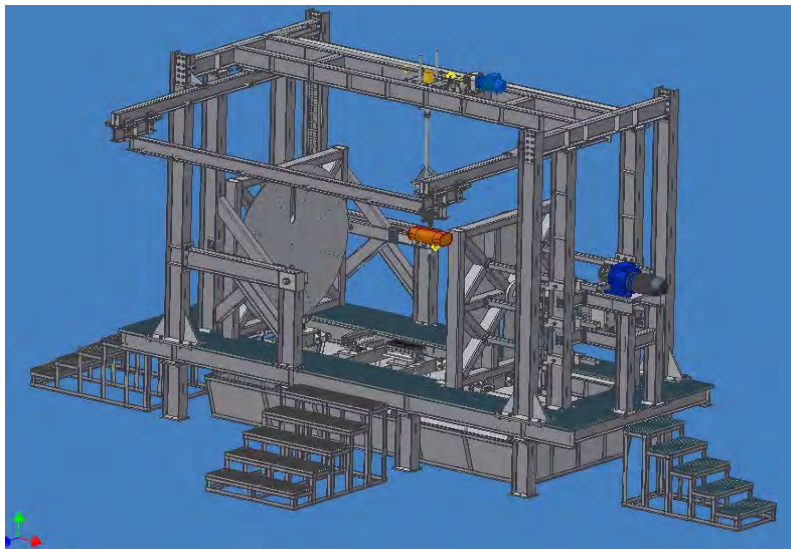


Figura 3.1 Configuración equipo EPH-60.

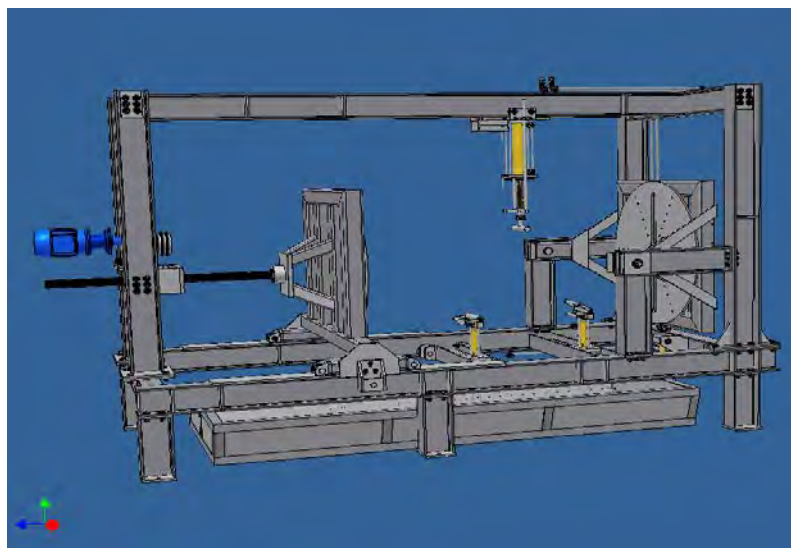


Figura 3.2 Configuración equipo EPH-24.

Como se mencionó anteriormente los requerimientos de diseño para los equipos EPH-60 y EPH-24 son básicamente los mismos, por lo cual en esta sección se calcularán los elementos considerados como los más críticos o de mayor importancia

para el equipo EPH-60 ya que en este se presentan los elementos receptores de las cargas más críticas, debido a que se analizarán las cargas y reacciones generadas por la tubería de mayor diámetro (60 pulg) considerando las cargas a las que estarán sometidos según la norma ASTM D-3212. Sin embargo, también se muestran resultados de los cálculos de algunos elementos críticos que componen el equipo EPH-24.

3.1.1. EQUIPO EPH-60.

El equipo de pruebas EPH-60 estará sometido en sus extremos a una presión de 74 kPa (10.8 psi) en presión positiva y 559 mmHg (22 inHg) en presión negativa (vacío), aplicada en el interior de las probetas de la tubería que van desde las 30 a 60 pulg de diámetro interior, es decir, 13.85 ton en carga axial para una tubería de 60 pulg. El sistema de deflexión aplicará una carga máxima de 8 ton para obtener una máxima deflexión de 4 pulg a partir de que la barra que la aplica toque la superficie del tubo a probar y en los tres soportes una carga repartida de 13.55 ton.

Las cargas mencionadas anteriormente se consideraron de la siguiente manera:

Carga aplicada por una presión de 74kPa.

Se tiene que la presión hidráulica indicada por la norma para la realización de las pruebas de hermeticidad debe ser de 74 kPa (10.8 psi), dicha presión se aplicará al interior de la probeta (tubería), para este caso de 60 pulg, por lo que la carga a la que estarán sometidos los extremos de la probeta serán de 13.85 ton. Para esto se consideró la reacción en una placa circular de 60 pulg para la obtención de la carga máxima.

Carga para deflectar al arreglo un 5% de su diámetro.

La carga necesaria para deflectar un tubo con la geometría considerada hasta un 5% de su diámetro exterior (3.28 pulg) para el tubo de 60 pulg de diámetro nominal se estimó, apoyándose de un software de análisis de elemento finito, mediante la simulación de la prueba. Inicialmente el elemento se dibujó en un programa de CAD (Computer-Aided Design), se consideraron las dimensiones reales de la geometría y una vez terminado se exportó a un paquete de FEA (Finite Element Analysis). En el paquete de elemento finito se capturaron las propiedades mecánicas del elemento y las condiciones del análisis, así como las restricciones y la carga F aplicada, Figura 3.3.

Como se puede observar en la Figura 3.4 el desplazamiento es de 4.9 pulg, este valor asegura el desplazamiento deseado. Con este desplazamiento se obtiene una carga necesaria de 8 ton para lograr la deflexión deseada.

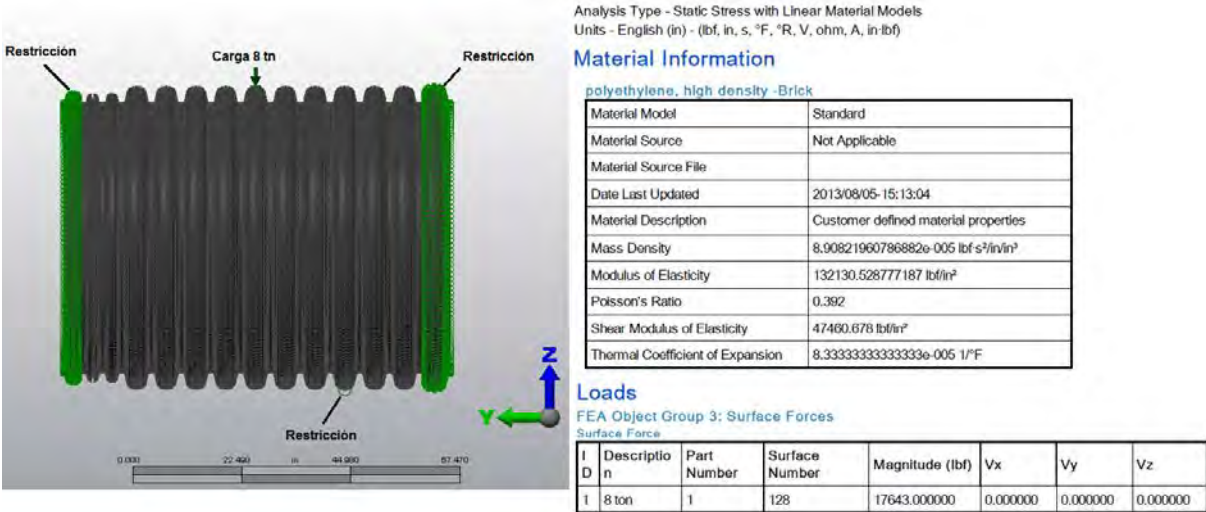


Figura 3.3. Condiciones para la simulación en una probeta de 60 pulg.

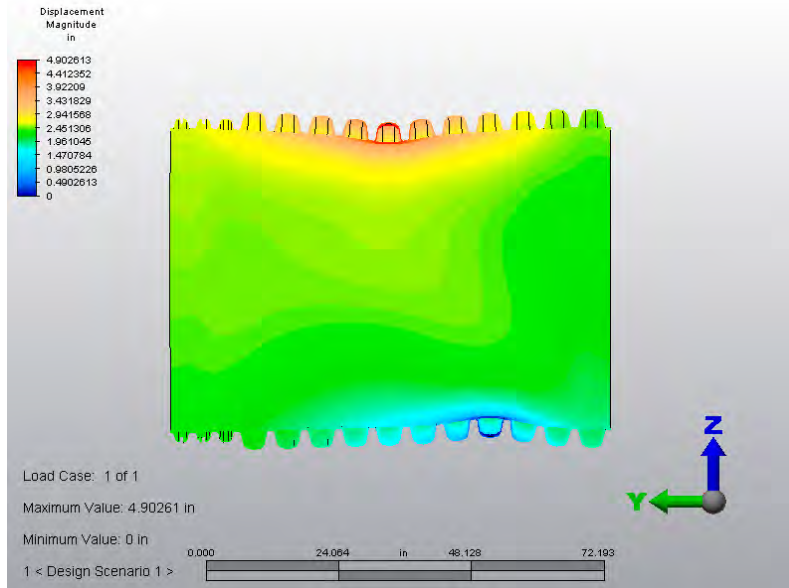


Figura 3.4. Resultados del desplazamiento en y al aplicar una carga de 8 ton, se puede observar un desplazamiento de aproximadamente 3.5 pulg en el punto de aplicación de la carga.

Carga aplicada a los soportes del conjunto espiga campana.

Para el cálculo de esta carga se tomó en consideración el peso de la probeta de 60 pulg llena de agua la cual tiene un peso de 13.55 toneladas.

Una vez obtenidas las cargas máximas que se presentaran en el equipo EPH-60 en condiciones de operación, se analizan los elementos críticos de la estructura considerada, dichos cálculos se realizan utilizando fórmulas obtenidas en la bibliografía ingenieril disponible, con el fin de asegurar la resistencia de los elementos a las cargas a las que serán sometidos durante su operación.

3.1.1.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.

La configuración utilizada para el análisis de la estructura fue la del concepto mostrado en la Figura 3.1 (Capítulo 2.1. Diseño conceptual). Es importante mencionar que durante el proceso de diseño se fueron aumentando elementos estructurales al concepto seleccionado, mismos que fueron calculándose conforme se fueron requiriendo. En la Figura 3.5 se presenta una imagen en la que se aprecia la estructura final que se obtuvo para su análisis posterior.

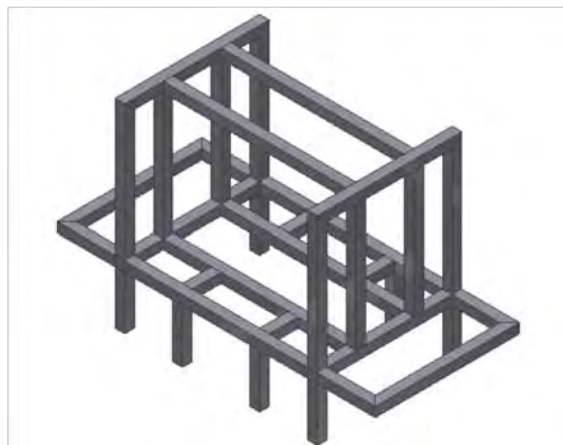


Figura 3.5. Concepto utilizado para el análisis de la estructura.

Se considera que los elementos críticos de la estructura mostrada son los siguientes:

- a) Largueros superiores (Figura 3.6)
- b) Columnas externas (Figura 3.9)
- c) Viga soporte del mecanismo elevador (Figura 3.13)
- d) Columnas soporte de la estructura (Figura 3.15)
- e) Tornillo de potencia (Figura 3.17)
- f) Conexión atornillada (Figura 3.19)
- g) Placas universales (3.21)

Largueros superiores.

Los largueros superiores se consideran elementos críticos ya que soportan la carga transmitida debida a la reacción del cilindro hidráulico que aplica una fuerza de 8 toneladas a la probeta sometida a la prueba en cuestión, esta carga debe ser suficiente para deflectar a la espiga hasta un 5% de su diámetro exterior.

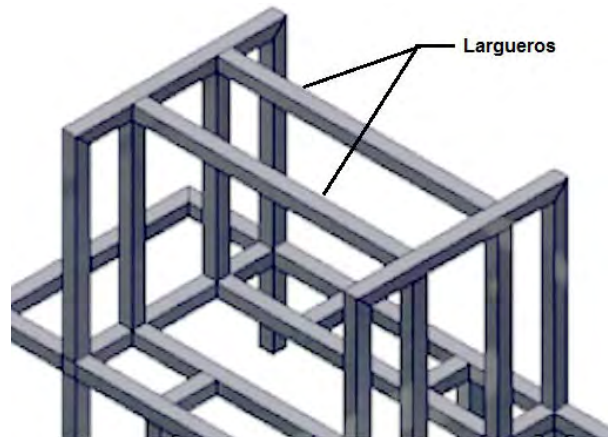


Figura 3.6. Largueros superiores sometidos a flexión.

Se hacen las siguientes consideraciones para el cálculo de estos elementos: los largueros trabajan como vigas doblemente empotradas, ya que la carga aplicada es perpendicular a su eje longitudinal y por su modo de sujeción no permiten ningún grado de libertad en sus conexiones. Además, ya que la estructura y la carga son simétricas, con calcular una de ellas es suficiente para conocer la respuesta de las dos ante las cargas a que serán sometidas, así mismo se considera que la carga se divide a la mitad entre los dos largueros. La carga aplicada a la viga se considera como una carga puntual ya que el área de aplicación es pequeña en comparación con el área de la viga, además se observa que la carga es estática debido a que la aplicación de la misma se realiza lentamente.

En la Figura 3.7 se presenta el diagrama de cuerpo libre del elemento a considerar donde se muestra una carga P de 4 ton que corresponde a la mitad de la carga necesaria para deflectar el tubo de 60 pulg de diámetro nominal, tal como se demostró anteriormente.

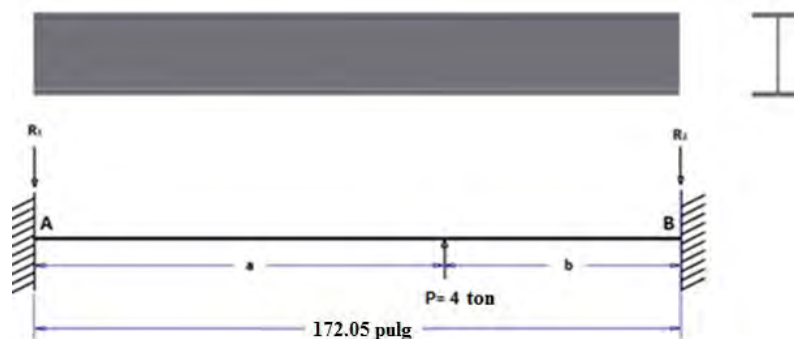


Figura 3.7. Diagrama de cuerpo libre de la viga.

Se tienen cinco configuraciones cuya única variable es el punto de aplicación de la carga, este punto se da por norma y se considera una distancia específica, según el diámetro de la tubería que se pretenda probar. A continuación en la Tabla 3.1 se enlistan las diferentes distancias de a y de b en función del diámetro nominal de las probetas:

Tabla 3.1. Valores de a y de b en función del diámetro nominal de las muestras.

Diámetro, pulg	a, m (pulg)	b, m (pulg)
30	2.59 (102)	1.78 (70)
36	2.51 (99)	1.85 (73)
42	2.44 (96)	1.93 (76)
48	2.36 (93)	2 (79)
60	2.21 (87)	2.16 (85)

Para los cálculos se toman los valores del diámetro de 60 pulg por ser la condición más crítica ya que la carga se aplica casi en la mitad de la viga.

La Tabla 3.2 muestra los datos de entrada para los realizar los cálculos necesarios.

Tabla 3.2. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño de los largueros superiores

Parámetro	Definición	Valor
P	Carga	39,240 N (8,821.50 lb)
a	Distancia, a lo largo de la viga, de A al punto de aplicación de la carga	2.21 m (87.01 pulg)
b	Distancia, a lo largo de la viga, del punto de aplicación de la carga al punto B	2.16 m (85.04 pulg)
l	Longitud de la viga	4.37 m (172.05 pulg)
--	Material	Acero A36
--	Perfil a evaluar	W6X16
σ_y acero	Esfuerzo de fluencia	36259.43 psi
E	Módulo de elasticidad	29000 ksi
I	Momento de inercia de la sección transversal	32.1 pulg ⁴
t_w	Espesor del alma del perfil	0.260 pulg
d	Altura del alma del perfil considerando ambos patines	6.28 pulg

A continuación, se procedió a obtener las reacciones en los puntos A y B, así como los momentos generados en la viga. Después se calculó el módulo de flexión para compararlo con los módulos de las tablas de perfiles existentes y para seleccionar el tipo de perfil adecuado, también se revisó la deflexión máxima para asegurarnos de la rigidez, y por último se determinó la resistencia a cortante.

En la Figura 3.8 se muestran los diagramas resultantes de cortante y de momento y en la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos.

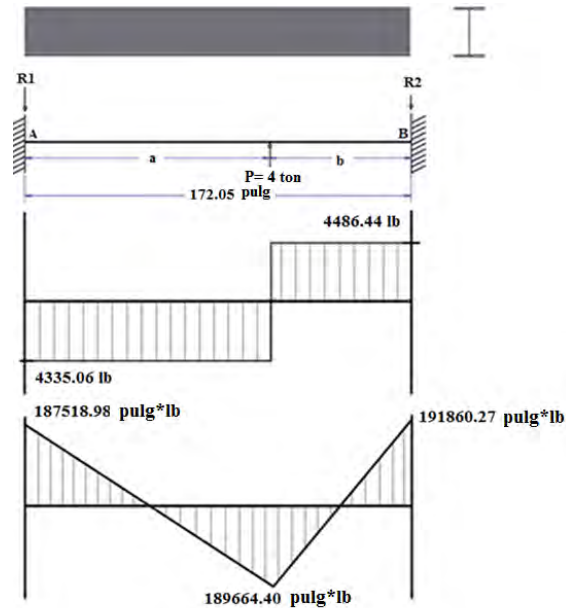


Figura 3.8. Diagramas resultantes de cortante y momento para el caso especificado.

Tabla 3.3. Reacciones y esfuerzos para la viga con el perfil propuesto.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Reacción en el extremo izquierdo de la viga	$R_1 = \frac{Pb^2}{l^3} (3a + b)$	4,335.06	lb
Reacción en el extremo derecho de la viga	$R_2 = \frac{Pa^2}{l^3} (a + 3b)$	4,486.44	lb
Momento en el extremo izquierdo de la viga	$M_1 = \frac{Pab^2}{l^2}$	187,518.98	pulg * lb
Momento en el extremo derecho de la viga	$M_2 = \frac{Pa^2b}{l^2}$	191,860.27	pulg * lb
Momento en el punto de aplicación de la carga	$M_a = \frac{2Pa^2b^2}{l^3}$	189,664.40	pulg * lb
Esfuerzo admisible a flexión	$\sigma_{adm} = 0.66 * \sigma_y$	23,931.20	psi
Módulo de flexión	$S_{req} = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$	8.0171	pulg ³
Deflexión máxima	$\Delta_{máx} = \frac{2Pa^3b^2}{3EI(3a + b)^2}$	0.251	pulg
Esfuerzo permisible a cortante	$F_v = 0.40 * F_y$	14,503.77	psi
Área del alma del perfil	$A_w = t_w * d$	1.6328	pulg ²
Esfuerzo cortante promedio	$\tau_{prom} = \frac{v_{máx}}{A_w}$	2,747.70	psi

Resultados.

Se concluye que el perfil elegido, **W6x16** (nombre comercial) es el adecuado ya que el módulo de flexión² es 1.23 veces mayor al calculado, además de que la deflexión máxima es baja y la resistencia a cortante se encuentra dentro del límite ($\tau_{prom} < F_v$).

Columnas externas.

En la Figura 3.9 se muestran las columnas externas, las cuales son de los elementos sometidos a las mayores cargas durante la prueba. A continuación se procede con el análisis de estos.

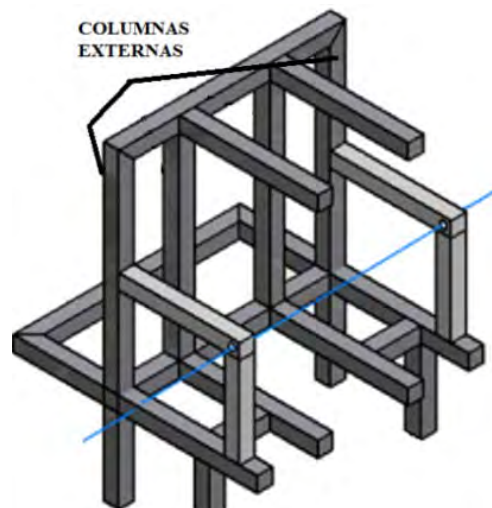


Figura 3.9. Columnas sometidas a flexión y a tensión.

Como se muestra en la Figura 3.10, en realidad, las condiciones de trabajo a las que se encuentran sometidas las columnas hacen necesario que sean consideradas como vigas empotradas sometidas a flexo-tensión. La carga de flexión se debe a la reacción que ejerce la presión hidráulica aplicada durante la prueba y la carga axial es la reacción debida a la fuerza que aplica el cilindro hidráulico en la probeta para deflectarla el 5% que se requiere.

² El módulo de flexión para un perfil W6x16 es $S_{req} = 10.2 \text{ pulg}^3$. Este módulo es mayor al requerido por lo que cumple los requisitos.

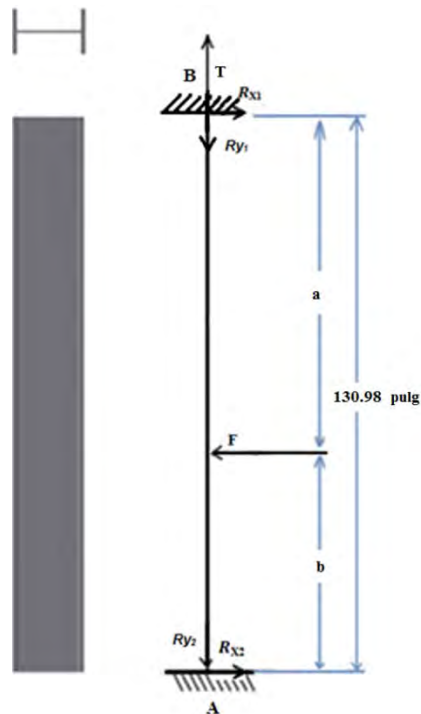


Figura 3.10. Diagrama de cuerpo libre de las columnas sometidas a una carga de flexión F y a una de tensión T .

Se tienen los siguientes datos:

Tabla 3.4. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño de las columnas externas.

Parámetro	Definición	Valor
F	Fuerza resultante (por columna)	67.92 kN (15,268.175 lb)
T	Carga necesaria para deflectar la probeta 5 % de su diámetro externo	19.62 kN (4,410.75 lb)
a	Distancia a lo largo de la columna de B al punto de aplicación de la carga	2.349 m (92.48 pulg)
b	Distancia a lo largo de la columna de A al punto de aplicación de la carga	0.978 m (38.50 pulg)
l	Longitud de la columna	3.327 m (130.98 pulg)
--	Material	Acero A36
--	Perfil a evaluar	W8X21
$\sigma_{y \text{ acero}}$	Esfuerzo de fluencia	36259.43 psi
E	Módulo de elasticidad	29000 ksi
I	Momento de inercia de la sección transversal	75.3 pulg ⁴
t_w	Espesor del alma del perfil	0.25 pulg
d	Altura del alma del perfil considerando ambos patines	8.28 pulg
y	Distancia perpendicular del punto más alejado del perfil al eje neutro	4.14 pulg

En primer lugar se calculó la columna como una viga doblemente empotrada sometida a flexo-tensión.

Cálculo por flexión

Se obtuvieron las reacciones en los puntos A y B así como los momentos generados en la viga. Después se calculó el módulo de flexión para obtener el tipo de perfil adecuado, se determinó la deflexión máxima para asegurarnos de la rigidez, y por último se revisó la resistencia a cortante.

En la Figura 3.11. Se muestra el diagrama de cuerpo libre del elemento a analizar, así como las reacciones y momentos resultantes, se ha colocado en posición horizontal para una mejor visualización.

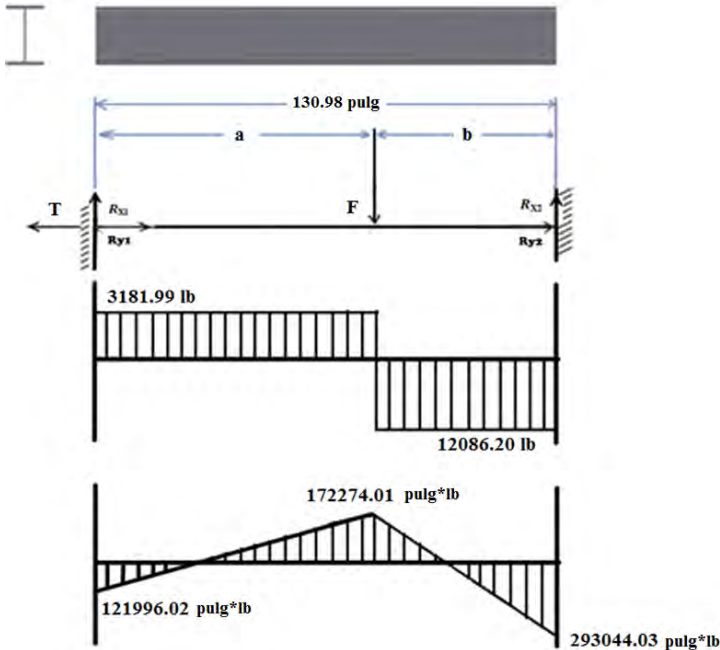


Figura 3.11. Diagramas resultantes de cortante y momento.

Cálculo por tensión.

Para este análisis se consideró al elemento como una viga apuntalada en voladizo, Figura 3.12, ya que al aplicar la carga T , y como consecuencia de esto, el nodo B se puede desplazar a lo largo del eje longitudinal de la columna.

La carga axial T aplicada al elemento produce esfuerzos directos de tensión $\sigma = \frac{T}{A}$ y la carga F genera esfuerzos de flexión $\sigma = \frac{Mc}{I}$. Como ambos esfuerzos actúan alargando o acortando las fibras del elemento, pueden combinarse algebraicamente.

En este caso se determinó la tensión, que es el caso más crítico ya que se suman los generados por la carga de tracción y los generados en las fibras inferiores debido a la flexión en la viga.

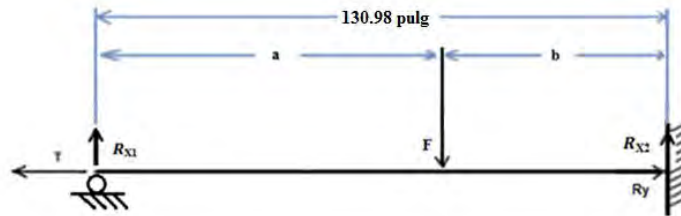


Figura 3.12. Diagrama de cuerpo libre bajo la condición de viga apuntalada en voladizo para el análisis por flexo-tensión.

En la tabla 3.5 se enlistan los resultados obtenidos en ambos análisis.

Tabla 3.5. Reacciones y esfuerzos para la viga propuesta.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Reacción en el extremo izquierdo de la viga	$R_{X1} = \frac{Fb^2}{l^3} (3a + b)$	3,181.99	lb
Reacción en el extremo derecho de la viga	$R_{X2} = \frac{Fa^2}{l^3} (a + 3b)$	12,086.20	lb
Momento en el extremo izquierdo de la viga	$M_1 = \frac{Fab^2}{l^2}$	121,996.02	pulg * lb
Momento en el extremo derecho de la viga	$M_2 = \frac{Fa^2b}{l^2}$	293,044.03	pulg * lb
Momento en el punto de aplicación de la carga	$M_a = \frac{2Fa^2b^2}{l^3}$	172,274.01	pulg * lb
Esfuerzo admisible a flexión	$\sigma_{adm} = 0.66 * \sigma_y$	23,931.20	psi
Módulo de flexión	$S_{req} = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$	12.25	pulg ³
Deflexión máxima	$\Delta_{máx} = \frac{2Fa^3b^2}{3EI(3a + b)^2}$	0.055	pulg
Esfuerzo admisible a cortante	$F_v = 0.40 * F_y$	14,503.77	psi
Área del alma del perfil	$A_w = t_w * d$	2.07	pulg ²
Esfuerzo cortante promedio	$\tau_{prom} = \frac{v_{máx}}{A_w}$	5,838.74	psi
Esfuerzo admisible a tensión	$\sigma_{adm} = 0.60F_y$	21,755.70	psi
Esfuerzo de tensión total	$\sigma_{inf} = \frac{T}{A_w} + \frac{M_{máx}y}{I}$	18,242.40	psi

Resultados.

Podemos ver que el perfil elegido (**W8x21**) es el adecuado ya que cumple con el módulo de flexión³, siendo 1.48 mayor al calculado, además de que la deflexión máxima es baja, la resistencia a cortante se encuentra dentro del límite ($\tau_{prom} < F_v$) y el esfuerzo de tensión total es menor al esfuerzo admisible por tensión ($\sigma_{inf} < \sigma_{perm}$).

Viga soporte del mecanismo elevador.

La viga soporte del mecanismo elevador (Figura 3.13) trabaja como una viga doblemente empotrada sometida a flexión en su eje menor. La carga F total aplicada se debe a la suma del peso de las probetas llenas de agua y a la carga aplicada para la deflexión de la tubería en un 5% de su diámetro exterior. Esta carga se divide en cinco puntos, ya que son cinco los soportes en los que se distribuye.

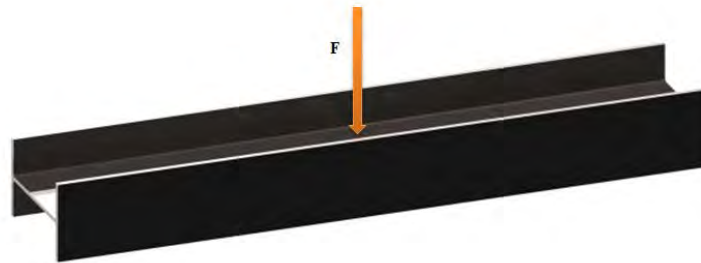


Figura 3.13. Viga soporte del mecanismo elevador.

En la Figura 3.14 se muestra el diagrama de cuerpo libre con las cargas a las que está sometido el elemento y los diagramas de cortante y momentos. El elemento fue considerado como una viga doblemente empotrada con una carga puntual en el centro. Se consideró un perfil W8x21.

³ El módulo de flexión para un perfil W8x21 es $S_{req} = 18.2 \text{ pulg}^3$. Este módulo es mayor al requerido por lo que cumple los requisitos.

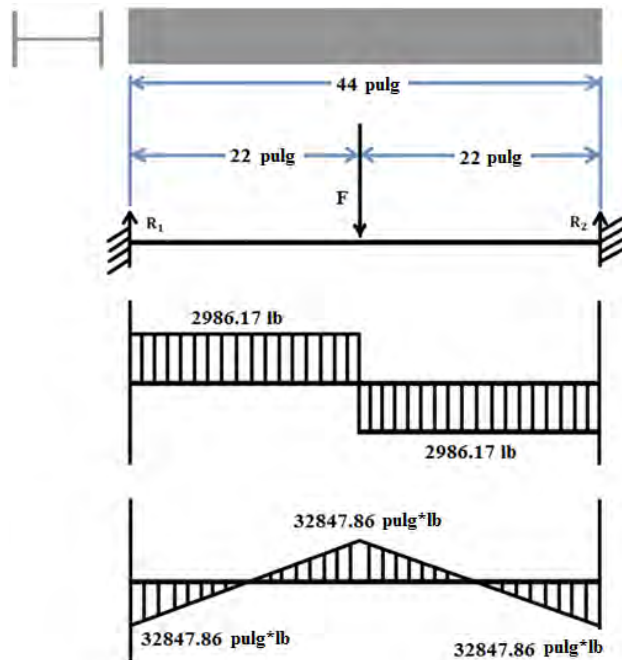


Figura 3.14. Diagramas resultantes de cortante y momento.

Para los cálculos se tienen los siguientes datos:

Tabla 3.6. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño de la viga soporte del mecanismo elevador.

Parámetro	Definición	Valor
F	Fuerza correspondiente a la suma del peso de las probetas llenas de agua y de la carga de deflexión soportada en cada uno de los cinco soportes.	26,566.30 N (5,972.34 lb)
l	Longitud de la viga	1.12 m (44 pulg)
--	Material	Acero A36
--	Perfil a evaluar	W8X21
σ_y acero	Esfuerzo de fluencia	36259.43 psi
E	Módulo de elasticidad	29000 ksi
I	Momento de inercia de la sección transversal al rededor del eje menor	9.77 pulg ⁴
t_w	Espesor del alma del perfil	0.25 pulg
d	Altura del alma del perfil considerando ambos patines	8.28 pulg

Los resultados finales se presentan en la Tabla 3.7.



**DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE
HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA
NORMA ASTM D-3212**

Tabla 3.7. Resultados del análisis de la viga soporte del mecanismo elevador.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Reacción en el extremo izquierdo de la viga	$R_1 = \frac{F}{2}$	2,986.17	lb
Reacción en el extremo derecho de la viga	$R_2 = \frac{F}{2}$	2,986.17	lb
Momento en el extremo izquierdo de la viga	$M_1 = \frac{Fl}{8}$	32,847.86	pulg * lb
Momento en el extremo derecho de la viga	$M_2 = \frac{Fl}{8}$	32,847.86	pulg * lb
Momento en el punto de aplicación de la carga	$M_{m\acute{a}x} = \frac{Fl}{8}$	32,847.86	pulg * lb
Esfuerzo admisible a flexión	$\sigma_{adm} = 0.66 * \sigma_y$	23,931.20	psi
Módulo de flexión	$S_{req} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}}$	1.37	pulg ³
Deflexión máxima	$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{Fl^3}{192EI}$	0.009352	pulg
Esfuerzo permisible a cortante	$F_v = 0.40 * F_y$	14,503.80	psi
Área del alma del perfil	$A_w = t_w * d$	2.07	pulg ²
Esfuerzo cortante promedio	$\tau_{prom} = \frac{v_{m\acute{a}x}}{A_w}$	1,442.59	psi

Resultados.

Como resultados podemos ver que el perfil elegido (**W8x21**) es el adecuado ya que cumple con el módulo de flexión⁴, además de que la deflexión es baja y la resistencia a cortante se encuentra dentro del límite ($\tau_{prom} < F_v$).

Columnas soporte de la estructura.

Las columnas soporte de la estructura están sometidas a la sumatoria de la carga vertical aplicada al tubo durante la prueba más el peso del tubo lleno de agua y más el peso de los elementos estructurales del equipo. El total de los elementos sobre los que se distribuyen las cargas mencionadas es de ocho. En la Figura 3.15 se muestran estos elementos. Para asegurar la resistencia de este elemento se determinó el esfuerzo crítico de pandeo.

Para las columnas se consideró usar un perfil **W 8x21**. En la Figura 3.16 se muestra el diagrama de cuerpo libre de uno de los ocho elementos.

Como primer paso se determinó la relación de esbeltez para compararla con el parámetro de esbeltez y determinar la condición de la columna y saber que ecuación de esfuerzo crítico utilizar. Para el cálculo del esfuerzo admisible se utilizó un factor de seguridad de 2.

En la Tabla 3.9 se muestran los resultados del análisis de una columna soporte.

⁴ El módulo de flexión para un perfil W8x21 es $S_{req} = 18.2$ pulg³. Este módulo es mayor al requerido por lo que cumple los requisitos.

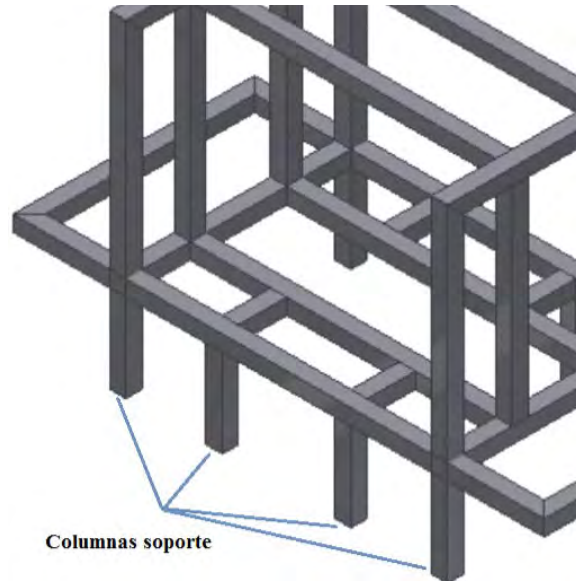


Figura 3.15. Columnas soportes de la estructura.

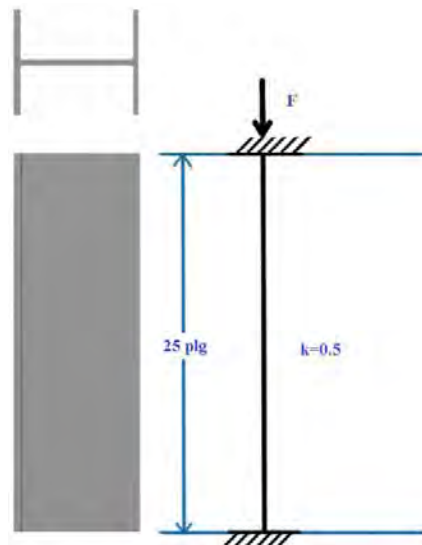


Figura 3.16. Diagrama de cuerpo libre de las columnas.

Para los cálculos se tienen los siguientes datos:



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.8. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño de las columnas soporte de la estructura.

Parámetro	Definición	Valor
F	Fuerza axial aplicada a la columna	7,875.00 lb
l	Longitud de la columna	25 pulg
--	Material	Acero A36
--	Perfil a evaluar	W8X21
σ_y acero	Esfuerzo de fluencia	36259.43 psi
E	Módulo de elasticidad	29000 ksi
A	Área transversal del perfil	6.16 in ²
K	Factor de sujeción	0.5
r_y	Radio de giro alrededor del eje y	1.26 pulg
FS	Factor de seguridad	2

Tabla 3.9. Resultados del análisis de una columna soporte.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Esfuerzo debido a la carga axial	$\sigma = \frac{F}{A}$	1.278	ksi
Relación de esbeltez	$relación\ de\ esbeltez = \frac{KL}{r_y}$	9.921	-----
Parámetro de esbeltez ⁵	$\lambda_c = \frac{KL}{r_y \pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$	0.111261	-----
Esfuerzo crítico de pandeo ⁶	$\sigma_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) \sigma_y$	35,814	psi
Esfuerzo admisible	$\sigma_a = \frac{\sigma_{cr}}{FS}$	17,907	psi

Resultados.

Ya que el esfuerzo σ debido a la fuerza F es menor al esfuerzo admisible σ_a se considera que el perfil W8x21 para los apoyos es el adecuado.

Tornillo de potencia.

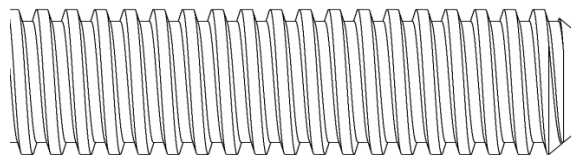


Figura 3.17. Tornillo Acme.

⁵ Ya que $\lambda_c < 1.5$, la columna analizada se consideró como inelástica y para obtener el esfuerzo crítico utilizaremos: $\sigma_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) \sigma_y$. El valor de 1.5 es la frontera entre una columna elástica y una columna inelastica.

⁶ Esta ecuación se basa en estudios experimentales y teóricos que toman en cuenta los efectos de los esfuerzos y un desalineamiento inicial de $L/500$, siendo L la longitud del miembro.



**DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE
HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA
NORMA ASTM D-3212**

Para el cálculo del tornillo de potencia se tienen los siguientes datos:

Tabla 3.10. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño del tornillo de potencia.

Parámetro	Definición	Valor
--	Tipo de tornillo	Acme
--	Material del tornillo	Aceero 1020
--	Material de la tuerca	Bronce fosforado
P	Carga	30,500 lb
lt	Longitud total	55 pulg
k	Factor de sujeción en los extremos	0.5
f'	Coefficiente de fricción	0.15
σ_y	Esfuerzo de fluencia	48.00 ksi
FS ⁸	Factor de seguridad	5
l	Distancia de recorrido	10 pulg
t	Tiempo requerido para la distancia de recorrido	100 seg

Primero se obtuvo el área requerida para el esfuerzo de tensión. Con este valor, por tablas, obtenemos los siguientes datos del tornillo, en este caso se eligió un diámetro mayor de 3 pulg.

Tabla 3.11. Datos del tornillo.

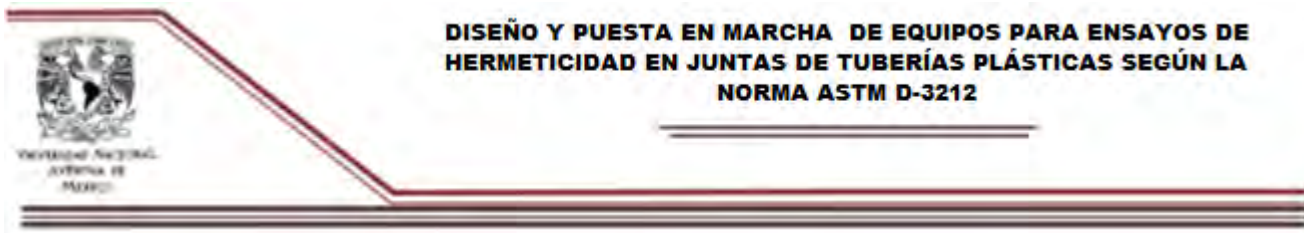
Parámetro	Definición	Valor
D	Diámetro mayor	3 pulg
p	Paso	0.50 pulg
D _r	Diámetro menor mínimo	2.4326 pulg
D _p	Diámetro mínimo de paso	2.7044 pulg
l	Avance	0.50 pulg
--	Roscas por pulgada	2
E	Módulo de elasticidad	30,000.00 ksi
h _f	Altura del filete = 0.5p	0.25 pulg
b	Profundidad del filete = 0.5p	0.25 pulg
ϕ	Ángulo de rosca	14.5°, para roscas tipo Acme
As	Área al esfuerzo cortante por pulgada	4.757 pulg²

El siguiente paso fue analizar el elemento como una columna para verificar su resistencia a compresión y asegurar que no fallara por pandeo. Para determinar si el tornillo se calcularía con la ecuación de Euler, que se aplica a columnas largas, o con la ecuación de J. B. Johnson, aplicada a columnas cortas, se determinó la relación de esbeltez y se comparó con la relación de esbeltez de transición. En este caso, como la relación de esbeltez fue menor a C_c , se consideró que el elemento actúa como una columna corta y se resolvió con la ecuación de J. B. Johnson.

Por otra parte para asegurar que el elemento no fallara por fluencia se verificó el esfuerzo debido a la carga axial P. También se calculó el esfuerzo de flexión en la raíz de los filetes, el par torsional para soportar la carga y la eficiencia del tornillo.

⁷ Coeficiente de fricción para un par roscado con material de tornillo de acero y material de la tuerca de bronce.

⁸ Se elige un factor de seguridad de 5 debido a que se tiene incertidumbre en la combinación de las cargas y en la calidad del maquinado. También se determinó dar un una sensación de seguridad mayor ya que este es el único elemento que soporta la carga axial desarrollada durante las pruebas.



En lo que respecta a la tuerca se calculó la longitud de la misma y el esfuerzo debido al aplastamiento entre la tuerca y el tornillo, así como el esfuerzo cortante transversal. En la Tabla 3.12 se muestran los resultados.

Por último se calculó la velocidad de giro y la potencia necesaria del motorreductor.

Tabla 3.12. Resultados del cálculo del tornillo.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Esfuerzo admisible en compresión	$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{(F.S)}$	9.60	ksi
Área requerida para el esfuerzo de tensión	$A_t = \frac{P}{\sigma_a}$	3.18	pulg ²
Área de la sección transversal	$A = \pi \frac{D_r^2}{4}$	4.64763	pulg ²
Momento de inercia	$I = \frac{\pi * D_r^4}{64}$	1.71891	pulg ⁴
Radio de giro	$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$	0.60815	pulg
Relación de esbeltez	Relación de esbeltez = $\frac{kl_t}{r}$	45.2191	adimensional
Relación de esbeltez de transición	$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}}$	111.072	adimensional
Ángulo de avance	$\lambda = \tan^{-1} \frac{l}{\pi D_p}$	3.4	grados
Carga crítica de pandeo (Ecuación de J. B. Johnson)	$P_{cr} = A\sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y (kl_t/r)^2}{4\pi^2 E} \right]$	204,599	lb
Esfuerzo debido a la carga axial	$\sigma_p = \frac{P}{A}$	6.56	ksi
Longitud mínima de tuerca ⁹	$h = A_t \frac{1 \text{ pulg}}{A_s}$	3	pulg
Par torsional necesario para soportar la carga	$T_u = \frac{FD_p}{2} \left[\frac{\cos \phi \tan \lambda + f}{\cos \phi - f \tan \lambda} \right]$	8,922.21	lb * pulg
Eficiencia del tonillo	$e = \frac{Fl}{2\pi T_u}$	27.20	porcentaje
Número de filetes en contacto	$n = \text{roscas por pulgada} * h$	6	adimensional
Esfuerzo debido a presión por aplastamiento desarrollada entre el tornillo y la tuerca ¹⁰	$\sigma_B = \frac{F}{\pi D_p h_f n}$	1.60	ksi

⁹ El valor real es de 0.8913 pulg sin embargo por conveniencia se elige una longitud de 3 pulg.

¹⁰ Por tablas se puede observar que este valor se encuentra dentro de los parámetros de diseño para un tornillo de acero con una cuerda de bronce a velocidades bajas.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Esfuerzo de flexión en la raíz del filete del tornillo	$\sigma_b = \frac{3Fh_f}{\pi D_r n b^2}$	5.32	ksi
Esfuerzo cortante transversal en el centro de la raíz del filete	$\tau = \frac{3F}{2\pi D_r n b}$	2.66	ksi
Esfuerzo cortante transversal en los filetes de la tuerca	$\tau = \frac{3F}{2\pi D n b}$	2.16	ksi
Velocidad lineal	$v = \frac{l}{t}$	1/10	pulg/s
Velocidad de giro	$n = v * \frac{1}{l} * \frac{60 s}{1 min}$	18.018	rpm
Potencia requerida	$P = \frac{T_u n}{63000}$	2.55	HP

Resultados.

Se puede observar que la carga aplicada es menor que la carga crítica para pandeo, lo que asegura que no fallará por pandeo. También, y ya que el esfuerzo debido a la carga es menor al admisible, se asegura que el elemento no fallará por fluencia.

Por otra parte se tiene que el esfuerzo mayor en los filetes del tornillo es el de flexión en la raíz del filete y el cual es nueve veces menor que el esfuerzo de fluencia del acero 1020 por lo que se considera satisfactorio el diseño para el tornillo. Este valor se justifica con la sensación de seguridad al usuario que da un diámetro de 3 pulg de diámetro mayor.

En el caso del esfuerzo cortante transversal en los filetes de la tuerca tenemos que es menor al valor del esfuerzo de fluencia de un bronce fosforado recocido el cual es de aproximadamente 19 ksi, por lo que el diseño para la tuerca se considera satisfactorio.

Por último, con los datos de la potencia y de la velocidad de giro, se decidió seleccionar un motorreductor **marca Falk, modelo PH083** con una **potencia de 3 HP** y una **relación de 1750 (entrada)/18 (salida) rpm**.



Figura 3.18. Tornillo Acme.

Conexión atornillada.

A continuación se calculará la conexión atornillada crítica.

Esta conexión es la que une una de las cuatro columnas con una de las dos vigas que soporta la carga aplicada por el cilindro hidráulico a la probeta, se muestra en la Figura 3.19 y se considera como una conexión simple ya que la línea de acción de la carga resultante aplicada a la misma pasa por su centro de gravedad. En la Figura 3.20 podemos observar el diagrama de cuerpo libre de la conexión que se propone.

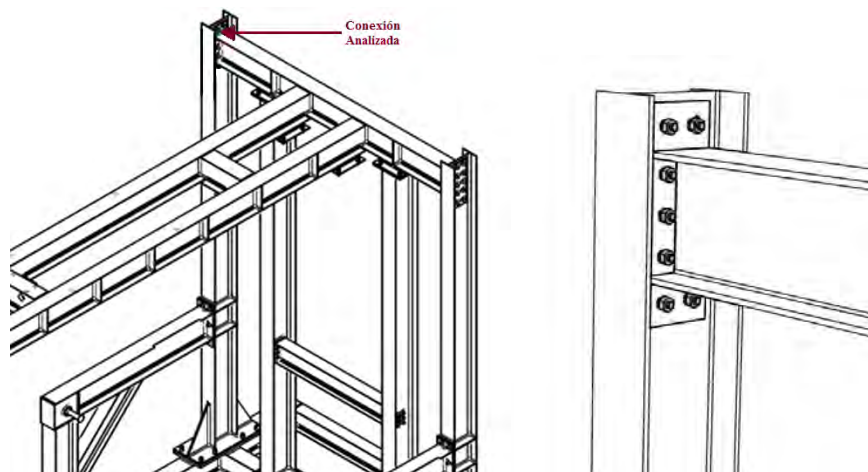


Figura 3.19. Conexión atornillada crítica.

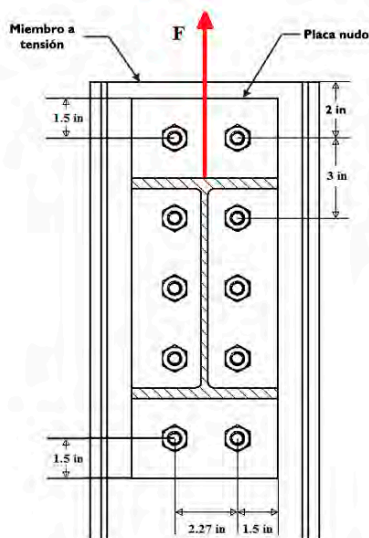


Figura 3.20. Diagrama de cuerpo libre de la conexión analizada.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Se consideran los perfiles calculados anteriormente (W8x21) de acero A36. La carga es la que se aplica al tubo para deflectarlo 5% de su diámetro externo y es la que obtuvimos anteriormente. Esta carga se reparte en cuatro arreglos de conexión, por lo que la carga se divide entre cuatro, quedando una carga de 2 ton por arreglo.

Primero se verificaron las separaciones mínimas entre los tornillos y los bordes¹¹.

El segundo paso fue revisar la resistencia por aplastamiento en los miembros conectados. Después se revisó la conexión a cortante y por último se determinó la resistencia por tensión del miembro a tensión.

Tabla 3.13. Datos de entrada para el cálculo de la conexión atornillada.

Parámetro	Definición	Valor
F	Carga	2 ton (4,411.00 lb)
n	Número total de tornillos de la conexión	10
n_b	Número de tornillos cercanos al borde de la conexión	2
n_r	Número de tornillos restantes, sin contar los tornillos cercanos al borde	8
s	Separación mínima entre tornillos, de centro a centro ($s \geq 2\frac{2}{3}d$)	3 pulg
L_{em}	Distancia libre, en la dirección paralela a la carga aplicada, del centro del agujero del tornillo al borde del material para el miembro en tensión	2 pulg
L_{ep}	Distancia libre, en la dirección paralela a la carga aplicada, del centro del agujero del tornillo al borde del material para la placa nudo	1.5 pulg
--	Material de las partes conectadas	Acero A36
--	Grado del tornillo	A325 con las roscas en el plano de corte
F_v	Esfuerzo cortante último en el tornillo	48,000.00 lb
d	Diámetro del tornillo	$\frac{1}{2}$ pulg
t_p	Espesor de la placa nudo	$\frac{1}{2}$ pulg
t_m	Espesor del miembro en tensión	$\frac{1}{4}$ pulg
ϕ	Factor de resistencia por aplastamiento	0.75
F_u	Esfuerzo último de tensión de la parte conectada	58,000.00 psi
ϕ_t	Factor de resistencia por fluencia para tensión	0.90
σ_y	Esfuerzo de fluencia	36 ksi (acero A36)
A_g	Área transversal de la sección del miembro en tensión	6.16 pulg ² (perfil W8x21)
ϕ_{tf}	Factor de resistencia por fractura para tensión	0.75
\bar{x}	Distancia del centroide del área conectada al plano de la conexión	0.798 pulg
L	Longitud de la conexión	12 pulg

¹¹ Sección J3.3 del AISC y tabla J3.4 del AISC.



**DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE
HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA
NORMA ASTM D-3212**

Tabla 3.14. Resultados de los cálculos para la conexión atornillada.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Diámetro de agujero recomendado	$h = d + 1/16$	9/16	pulg
Distancia libre, en la dirección paralela a la carga aplicada, del borde del agujero del tornillo al borde del material del miembro en tensión	$L_{cbm} = L_{em} - h/2$	55/32	pulg
Distancia libre, en la dirección paralela a la carga aplicada, del borde del agujero del tornillo al borde del agujero adyacente	$L_{cb} = s - h$	39/16	pulg
Distancia libre, en la dirección paralela a la carga aplicada, del borde del agujero del tornillo al borde de la placa nudo	$L_{cbp} = L_{ep} - h/2$	39/32	pulg
Resistencia por aplastamiento para el miembro en tensión y los agujeros cercanos al borde, $L_{cbm} \geq 2d$	$\phi R_{nm1} = \phi(2.4d * t_m * F_u)$	13.05	kip/tornillo
Resistencia por aplastamiento para los agujeros restantes del miembro, $L_{cb} \geq 2d$	$\phi R_{nm2} = \phi(2.4d * t_m * F_u)$	13.05	kip/tornillo
Resistencia por aplastamiento para el miembro en tensión	$\phi R_{nm} = n_b(\phi R_{nm1}) + n_r(\phi R_{nm1})$, si $\phi R_{nm1} < \phi R_{nm2}$, ó $\phi R_{nm} = n_b(\phi R_{nm2}) + n_r(\phi R_{nm2})$, si $\phi R_{nm2} < \phi R_{nm1}$	130.50	kip
Resistencia por aplastamiento para la placa nudo y los agujeros cercanos al borde, $L_{cbp} \geq 2d$	$\phi R_{nm1} = \phi(2.4d * t_p * F_u)$	26.10	kip/tornillo
Resistencia por aplastamiento para los agujeros restantes de la placa nudo, $L_{cb} \geq 2d$	$\phi R_{nm2} = \phi(2.4d * t_p * F_u)$	26.10	kip/tornillo
Resistencia por aplastamiento para la placa nudo ¹²	$\phi R_{nm} = n_b(\phi R_{nm1}) + n_r(\phi R_{nm1})$, si $\phi R_{nm1} < \phi R_{nm2}$, ó $\phi R_{nm} = n_b(\phi R_{nm2}) + n_r(\phi R_{nm2})$, si $\phi R_{nm2} < \phi R_{nm1}$	261.00	kip
Área transversal del tornillo en la parte sin rosca	$A_b = \frac{\pi(1/2 \text{ pulg})^2}{4}$	0.19635	pulg ²
Resistencia a cortante para un tornillo	$\phi R_n = \phi F_v A_b$	7.07	kip
Resistencia a cortante para n tornillos	$\phi R_{nt} = n * \phi R_n$	70.70	kip

¹² Ya que la resistencia por aplastamiento para el miembro a tensión es menor en el elemento a tensión, esta es la que gobierna.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Tensión sobre el área total del miembro en tensión ¹³	$\phi_t P_n = \phi_t \sigma_y A_g$	199.58	kip
Factor de reducción	$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0.9$	0.9	Adimensional
Diámetro del agujero	$h = d + \frac{1}{8}$	5/8	pulg
Área neta	$A_n = A_g - \sum (t_m h)$	5.85	pulg ²
Área neta efectiva de la sección	$A_e = U A_n$	5.26	pulg ²
Tensión sobre el área neta ¹⁴	$\phi_{tf} P_n = \phi_{tf} F_u A_e$	228.93	kip

Resultados.

La resistencia a cortante es la que gobierna la resistencia de la conexión. Se puede observar que la carga aplicada es de 4.4 kip y que la resistencia de diseño de la conexión es de 70.70 kip por lo que se considera que la conexión es adecuada.

Placas universales.

Las placas universales tienen la misma configuración básica y están sujetas a la misma condición de carga. Para su análisis basta con calcular una de ellas. Se considera el caso de una placa circular sometida a una carga uniformemente distribuida q (presión) y con el borde empotrado (Figura 3.21). Los parámetros a determinar fueron el espesor de la placa y la deflexión máxima. Los datos de entrada se muestran en la Tabla 3.15 y las ecuaciones aplicadas para el análisis en la Tabla 3.16.



Figura 3.21. Placa con borde empotrado.

¹³ P_n = resistencia nominal a tensión

¹⁴ La resistencia a cortante gobierna ya que es menor que la resistencia a tensión.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.15. Datos de entrada para el cálculo de las placas universales.

Parámetro	Definición	Valor
P	Presión sobre la placa	10.8 psi
--	Material	Acero 1018
σ_y	Esfuerzo de fluencia	57000.00 psi
E	Módulo elástico	30,000 ksi
D	Diámetro de la placa	60 pulg
FS	Factor de seguridad	2
v	Razón de Poisson	0.3

Tabla 3.16. Resultados de los cálculos para las placas universales.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Esfuerzo máximo radial admisible	$\sigma_{r_{m\acute{a}x}} = \frac{\sigma_y}{2}$	28,500	psi
Espesor de la placa	$t = \sqrt{\frac{3qR^2}{4\sigma_{r_{m\acute{a}x}}}}$	0.51	pulg
Deflexión máxima de la placa	$\gamma_{m\acute{a}x} = \frac{3qR^4}{16Et^3}(1 - \nu^2)$	0.3846	pulg

Resultados.

Con los resultados obtenidos se decide utilizar una placa de Acero 1018 de ½ pulg de espesor. Para aumentar la rigidez de las placas se decidió soldarlas a una estructura compuesta por perfiles PTR 6x4x1/4.

3.1.1.2. ELEMENTOS AUXILIARES.

En este capítulo se mostrarán los criterios de selección de los equipos auxiliares y se pondrán sus características principales. En Tabla 3.17 se enlistan los equipos necesarios y la función principal que cubren en el funcionamiento de los equipos de hermeticidad.

Tabla 3.17. Equipos auxiliares en los equipos de hermeticidad.

Equipo	Tipo de accionamiento	Función principal
Cilindros de potencia	Hidráulico	Aplicar carga a las probetas y soporte a las mismas, y desplazar elementos
Bomba hidráulica de potencia	Eléctrico	Activar a los cilindros de potencia
Bomba de agua	Eléctrico	Aplicar presión hidráulica a las probetas
Bomba de vacío	Eléctrico	Aplicar vacío a las probetas
Motorreductor	Eléctrico	Ejercer movimiento al marco deslizante y posicionar el aplicador de carga
Polipasto	Eléctrico	Transportar las probetas y los moldes

Cilindros de potencia.

La utilización de cilindros hidráulicos se determinó en el diseño conceptual. La posición de los cilindros de potencia en el equipo EPH-60 se muestra en la Figura 3.22 y en la Figura 3.23 se presenta el diagrama del sistema. Un primer paso fue hacer una selección del proveedor de los cilindros hidráulicos. La selección se basó en una calificación de las variables de precio, de inmediatez de entrega y de facilidad de mantenimiento. En base a lo anterior se eligieron cilindros y accesorios de la marca comercial ENERPAC. A continuación se dará una breve descripción de las funciones de cada uno de ellos en la operación del equipo en cuestión y los criterios de selección de los mismos.

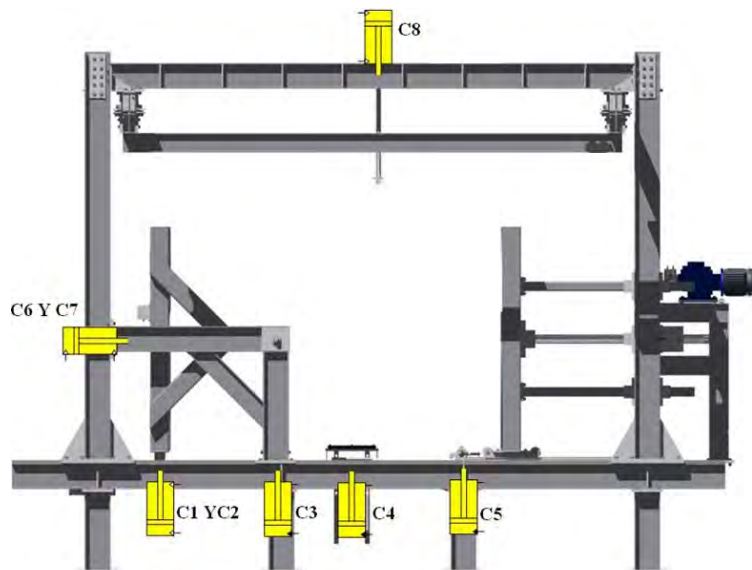


Figura 3.22. Posición de los cilindros en el equipo EPH-60.

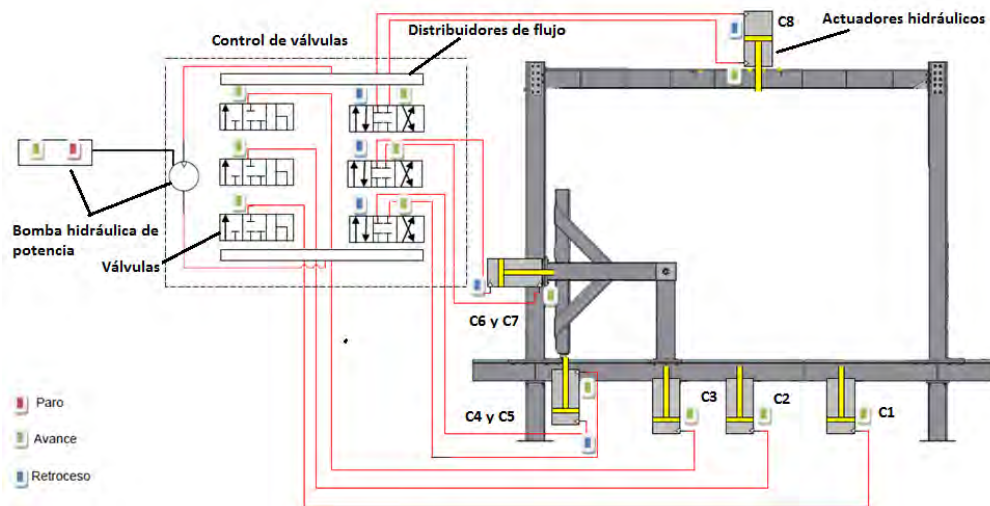


Figura 3.23. Diagrama del sistema de potencia.

Cilindros C3, C4 y C5.

Estos cilindros sirven para soportar el peso de las probetas, el peso del agua y la carga aplicada para deflectar las probetas un 5% de su diámetro externo. En la Tabla 3.18 se muestran las restricciones para la selección de los cilindros y en la Tabla 3.19 se muestran las características de los cilindros seleccionados.

Tabla 3.18. Restricciones para la selección de los cilindros C3, C4 Y C5.

Parámetro	Definición	Valor
P	Carga mínima de soporte por cilindro	2.71 ton
l	Carrera máxima necesaria	6.40 pulg
--	Tipo	Simple efecto

Los cilindros se eligieron de simple efecto ya que con el peso del tubo y con el retorno del aceite al depósito basta para regresarlos a su posición totalmente retraída.

Tabla 3.19. Información técnica de los cilindros elegidos para C3, C4 Y C5.

ID	Modelo	Capacidad real a una presión de operación de 8,000 lb (recomendada por el fabricante)	Carrera de operación (recomendada por el proveedor, 80% de la real)	Tipo	Operación	Volumen de aceite máximo
C3	ENERPAC RC-108	8.1 ton	6.4 pulg	Simple efecto	Serie	17.89 pulg ³
C4	ENERPAC RC-258	18.7 ton	6.6 pulg	Simple efecto	Serie	42.55 pulg ³
C5	ENERPAC RC-108	8.1 ton	6.4 pulg	Simple efecto	Serie	17.89 pulg ³

Cilindros C1 y C2.

Estos cilindros además de soportar 1/5 de la carga de las probetas llenas de agua y de la carga aplicada para deflectar el tubo, su función es la de girar el marco pivote 5° respecto al eje longitudinal del tubo. Para lograr esta tarea se tiene que cumplir con los requisitos dados en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20. Restricciones para la selección de los cilindros C1 y C2.

Parámetro	Definición	Valor
P	Carga mínima de soporte por cilindro ¹⁵	1.90 ton
l	Carrera máxima necesaria	7 pulg
--	tipo	Doble efecto

Dado el movimiento de giro del marco, se eligieron cilindros de doble acción para poder controlar el retorno y evitar posibles esfuerzos de pandeo en los émbolos debidos a descensos bruscos. El accionamiento debe realizarse en paralelo para que la carga sea levantada a la misma velocidad en cada punto. En la Tabla 3.21 se muestran las características de los cilindros seleccionados.

¹⁵ Contando el peso del marco y del molde para tubería de 60 in



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.21. Información técnica de los cilindros elegidos C1 Y C2.

ID	Modelo	Capacidad real a una presión de operación de 8,000 lb (recomendada por el fabricante)	Carrera de operación (recomendada por el proveedor, 80% de la real)	Tipo	Operación	Volumen de aceite máximo
C1	ENERPAC RR-1010	8 ton	8 pulg	Doble efecto	Paralelo con C2	22.33 pulg ³
C2	ENERPAC RR-1010	8 ton	8 pulg	Doble efecto	Paralelo con C3	22.33 pulg ³

Cilindros C6 y C7.

Se consideran dos cilindros trabajando en paralelo para desplazar el marco pivote a la distancia necesaria (según la longitud de la campana) y para soportar la carga hidráulica generada durante la prueba. La carga ya se ha determinado anteriormente en el análisis de la estructura. Los cilindros se eligieron de doble efecto para poder mover la carga en ambas direcciones. Un factor a considerar es que la carga se soporta en ambas direcciones por lo que hay que poner atención en la resistencia al retroceso, el cual es el caso más crítico. En la Tabla 3.22 se muestran las restricciones para la selección de los cilindros y en la Tabla 3.23 se muestran los cilindros elegidos.

Tabla 3.22. Restricciones para la selección de los cilindros C6 y C7.

Parámetro	Definición	Valor
Pr	Carga mínima de soporte por cilindro (retroceso caso crítico)	6.93 ton
l	Carrera máxima necesaria	8 pulg
--	Tipo	Doble efecto

Tabla 3.23. Información técnica de los cilindros elegidos C6 Y C7.

ID	Modelo	Capacidad real en retroceso a una presión de operación de 8,000 lb (recomendada por el fabricante)	Carrera de operación (recomendada por el proveedor, 80% de la real)	Tipo	Operación	Volumen de aceite máximo
C6	ENERPAC RD-2510	7.8 ton	8.2 pulg	Doble efecto	Paralelo con C7	50.31 pulg ³
C7	ENERPAC RD-2510	7.8 ton	8.2 pulg	Doble efecto	Paralelo con C6	50.31 pulg ³

Cilindros C8.

El cilindro C8 es el encargado de deflectar las probetas al 5% del diámetro externo. La carga necesaria para deflectar un tubo de 60 pulg de diámetro nominal es la más crítica y se obtuvo anteriormente en el análisis de la estructura. Se eligió un cilindro de doble acción para conseguir que el émbolo se pudiera retraer ya que por la posición en la que se encuentra no es posible su retracción automática. En la Tabla 3.24 se muestran las restricciones para la elección del modelo del cilindro y en la Tabla 3.25 se muestran los datos del modelo elegido.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.24. Restricciones para la selección del cilindro C8.

Parámetro	Definición	Valor
Pr	Carga mínima de soporte por cilindro (retroceso caso crítico)	8 ton
l	Carrera máxima necesaria	6.40 pulg
--	Tipo	Doble efecto

Tabla 3.25. Información técnica del cilindro C8.

ID	Modelo	Capacidad real a una presión de operación de 8,000 lb (recomendada por el fabricante)	Carrera de operación (recomendada por el proveedor, 80% de la real)	Tipo	Operación	Volumen de aceite máximo
C8	ENERPAC RR-308	23 ton	6.6 pulg	Doble efecto	Serie	53.67 pulg ³

Bomba hidráulica de potencia.

La bomba hidráulica de potencia es la encargada de generar el flujo necesario para la operación de los cilindros hidráulicos. Esta bomba se eligió de la misma marca por compatibilidad con los cilindros. En la Tabla 3.26 se muestran las restricciones para la selección de la bomba hidráulica de potencia.

Tabla 3.26. Restricciones para la selección de la bomba hidráulica de potencia.

Parámetro	Valor
Tipo de operación	Eléctrica
Ubicación	Estática
Ciclo de trabajo	Intermitente
Volumen utilizable de aceite requerido=1.2 x volumen de aceite de los cilindros	1.44 galones
Velocidad de levantamiento	3.2 seg/pulg
Tipo de voltaje	Trifásico
Tipo de control	Cable remoto
Tipo de accionamiento	Avance/retención/retracción

Con las restricciones dadas se utilizó el catálogo de selección de bombas de ENERPAC y se eligió una bomba serie ZE5 con los datos indicados en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27. Características de la bomba de potencia seleccionada.

Modelo	Potencia	Tasa de flujo de salida de 10,000 psi	Volumen utilizable de aceite	Válvula de control remoto	Voltaje	Peso
ENERPAC ZE5410SG	3.0 HP	120 pulg ³ /min	2.5 galones	Válvula de 3 posiciones accionada por selenoide con caja eléctrica y LCD	115 VAC, 3 fases a 50/60 Hz	147 lb



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Bomba de agua.

Esta bomba alimenta a las probetas del agua necesaria para generar la presión indicada. Los datos de entrada para la selección de la bomba se muestran en la Tabla 3.28 y en la Tabla 3.29 se pueden revisar los resultados obtenidos. Con los datos de la Altura dinámica total y con el caudal deseado se utilizó la curva de rendimiento del proveedor elegido, en la Figura 3.24 se puede observar el punto de operación formado por las líneas perpendiculares en color rojo.

Tabla 3.28. Restricciones para la selección de la bomba de agua.

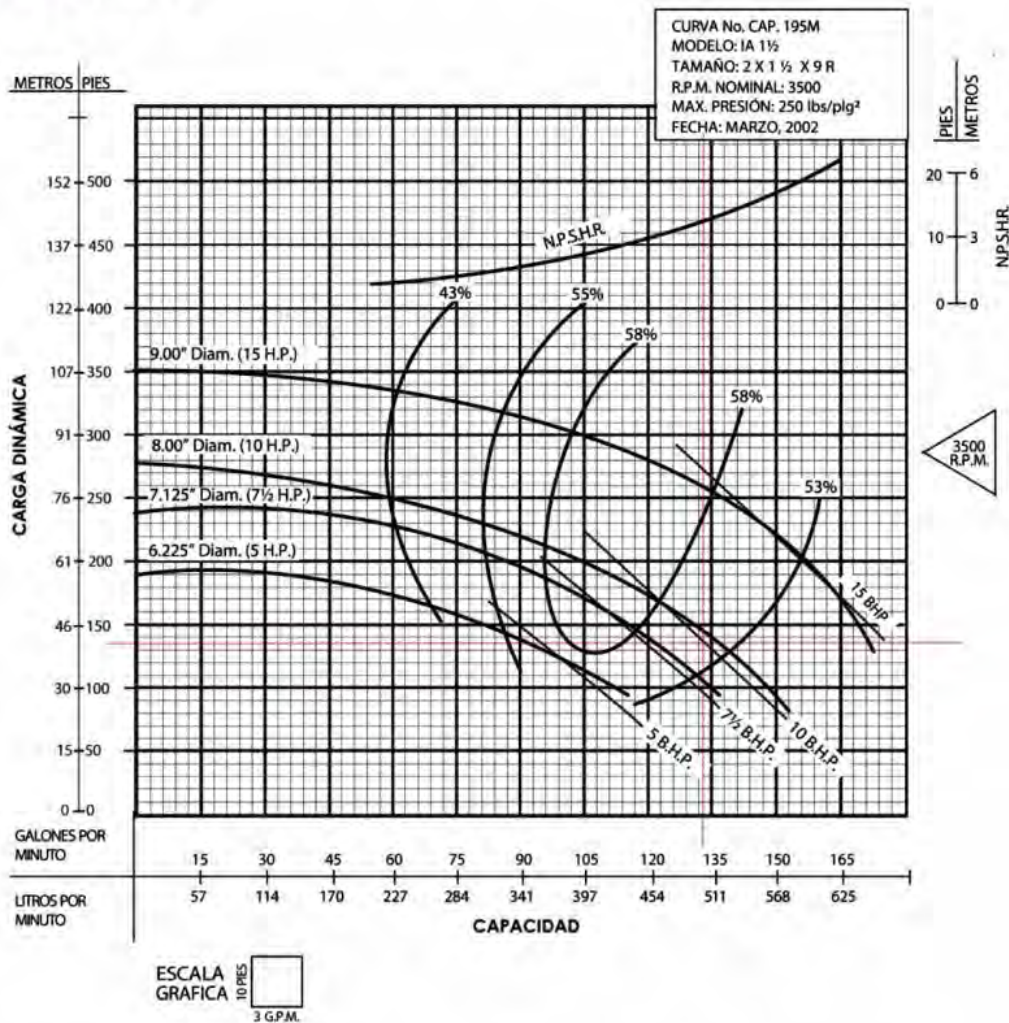
Parámetro	Definición	Valor
γ	Peso específico del fluido	9,797.34 kN/m ³
ν	Viscosidad cinemática del fluido	1.0038x10 ⁻⁶ m ² /s
g	Aceleración de la gravedad	9.81 m/s ²
Q	Caudal requerido	0.009 m ³ /s (0.54 m ³ /min)
L_{asp}	Longitud de aspiración	70.00 m
L_{des}	Longitud de descarga	35.30 m
Z	Diferencia de altura	3.60 m
d	Diámetro de la tubería	0.0525 m
f	Factor de fricción	0.025
η	Rendimiento de la bomba	0.547



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212



CURVA DE RENDIMIENTO
BOMBA CENTRÍFUGA
ALTA PRESIÓN
MODELO: IA 1/2



Prueba realizada con agua, gravedad específica 1.0 @ 20° C (68° F), otros líquidos pueden variar el rendimiento.

Figura 3.24. Curva de rendimiento de una serie de bombas centrífugas de la marca Barnes.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.29. Resultados para la bomba requerida.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Velocidad de succión	$v_{succ} = \frac{Q}{(\pi d^2/4)}$	3.93	m/s
Velocidad de descarga	$v_{desc} = \frac{Q}{(\pi d^2/4)}$	3.93	m/s
Número de Reynolds	$RE = v_{succ} \frac{d}{\nu}$	205,363.00	adimensional
Pérdidas a la succión	$h_{asp} = f \left(\frac{L_{asp}}{L_{des}} \right) \left(\frac{v_{succ}^2}{2g} \right)$	26.72	m
Pérdidas a la descarga	$h_{des} = f \left(\frac{L_{asp}}{L_{des}} \right) \left(\frac{v_{desc}^2}{2g} \right)$	13.47	m
Altura dinámica total	$H = h_{asp} + h_{des} + \left(\frac{v_{desc}^2}{2g} \right) + z$	44.60	m
Potencia de la bomba	$P = Q\gamma H$	3712.26 (4.98)	kW (hp)
Potencia real de la bomba	$P_r = \frac{P}{\eta}$	9.10	HP

Resultados.

En base a los cálculos se decidió utilizar una bomba Modelo IA1 ½ de 10 HP a 3500 rpm, marca Barnes.

Bomba de vacío.

Esta bomba se encarga de realizar el vacío al conjunto de las probetas, tal como se indica en la norma ASTM D-3212. El vacío requerido es de 22 inHg.

Un factor importante para la adecuada selección del equipo fue la altura geográfica del lugar donde se situaría el equipo de hermeticidad ya que se requiere manejar presiones absolutas, para este caso la ubicación fue el municipio de Jilotepec de Molina en el Estado de México. El primer paso fue determinar el caudal de bombeo requerido considerando una etapa pero por la cantidad necesaria se determinó utilizar una bomba de dos etapas ya que no era suficiente la capacidad de las bombas existentes. Otros factores a considerar fueron el rango de vacío requerido el cual se encuentra en un vacío medio, el costo del equipo y su robustez. En la Tabla 3.30 se muestran los datos de entrada y en la Tabla 3.31 se muestran los resultados obtenidos.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.30. Datos de entrada para la selección de la bomba de vacío.

Parámetro	Definición	Valor
h	Altura sobre el nivel del mar de Jilotepec de Molina	2,440 m
p ₀	Presión atmosférica a nivel del mar a 23 °C	101.325 kPa
T	Temperatura en K	273.15 K
g	Constante de gravedad	9.81 m/s ²
k	Constante de Boltzmann	1.38x10 ⁻²³ J/K
m	Masa promedio de una molécula de aire	4.790704206x10 ⁻²⁶ kg
p _j	Presión atmosférica en Jilotepec de Molina $p_j = p_0 e^{-\left(\frac{mgh}{kT}\right)}$	74.75 kPa (560.67 torr)
P ₁ = p _j	Presión absoluta en la succión	560.67 torr
P _{2.1}	Presión absoluta dentro del sistema en la etapa 1	128.87 torr
P _{2.2}	Presión absoluta dentro del sistema en la etapa 2	5.63 torr
t ₁	Tiempo de evacuación requerido en la primera etapa	3.5 min
t ₂	Tiempo de evacuación requerido en la segunda etapa	1 min
v	Volumen total de succión requerido	5.10 m ³
v ₁	Volumen de succión requerido en la etapa uno	3.97 m ³
v ₂	Volumen de succión requerido en la etapa dos	1.13 m ³

Tabla 3.31. Resultados para la bomba de vacío requerida.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Caudal de bombeo requerido en la primera etapa	$S_1 = 60 \frac{V_1}{t_1} \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$	100.00	m ³ /h
Caudal de bombeo requerido en la segunda etapa	$S_1 = 60 \frac{V_2}{t_2} \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$	312.68	m ³ /h

Resultados.

Con los datos obtenidos se elige un sistema de vacío de dos etapas con las características dadas en la Tabla 3.32.

Tabla 3.32. Características de los equipos para vacío seleccionados.

Etapa	Marca	Modelo	Desplazamiento (m ³ /h)	Potencia (HP)	r.p.m.	Tipo
1	AISA	AISA152	110	5	3500	Anillo liquido
2	M-D Pneumatics	3206 90	407.76	3	3600	Roots

Motorreductor.

Los datos del motorreductor se obtuvieron en el cálculo del tornillo de potencia. Recordamos que con los datos de la potencia y de la velocidad de giro, se decidió seleccionar un motorreductor **marca Falk, modelo PH083** con una **potencia de 3 HP** y una **relación de 1750 (entrada)/18 (salida) rpm**. La transmisión será por medio de una cadena con una relación de velocidad de 1:1, Figura 3.25.

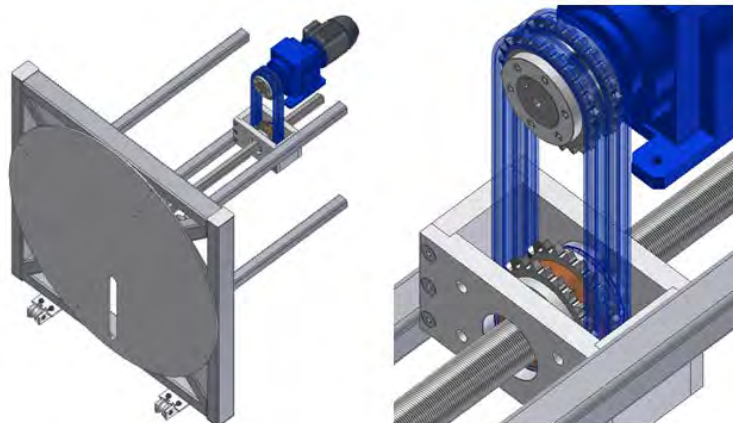


Figura 3.25. Colocación del motorreductor elegido.

Polipasto.

Para la selección del polipasto se consideró una operación eléctrica y una carga máxima de 220 kg correspondientes al peso del molde de 60 pulg. La longitud necesaria de elevación se consideró de tres metros y la velocidad de elevación de 8 cm/seg (3.5 pulg/seg). Con estos datos se seleccionó un Polipasto de **marca CM con capacidad de carga de ½ ton con motor trifásico de ½ HP, cadena de 3 m y velocidad de elevación de 16 ft/min.**

3.1.2. EQUIPO EPH-24.

Introducción.

Para el equipo EPH-24 se muestra el desarrollo de manera somera. Se toma esta consideración por cuestión de espacio, y debido a que los elementos y estructuras se comportan de manera similar. Se puede considerar, entonces, que el equipo EPH-24 se somete a las mismas condiciones que el equipo EPH-60 pero con cargas menores. Debido a lo anterior se presentan los resultados de los elementos más críticos sin abordar demasiado en la explicación de sus funciones específicas.

Como se mencionó anteriormente este equipo está diseñado para realizar pruebas de hermeticidad a probetas desde 2 hasta 24 pulg de diámetro nominal. Los cálculos que aquí se manejan se basan en las cargas desarrolladas durante una prueba en tubería de 24 pulg de diámetro nominal por ser el caso crítico.

3.1.2.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.

En la Figura 3.26 se muestra la configuración utilizada para el análisis de la estructura del equipo EPH-24. Esta estructura fue modificada ligeramente para cumplir con los objetivos especificados.

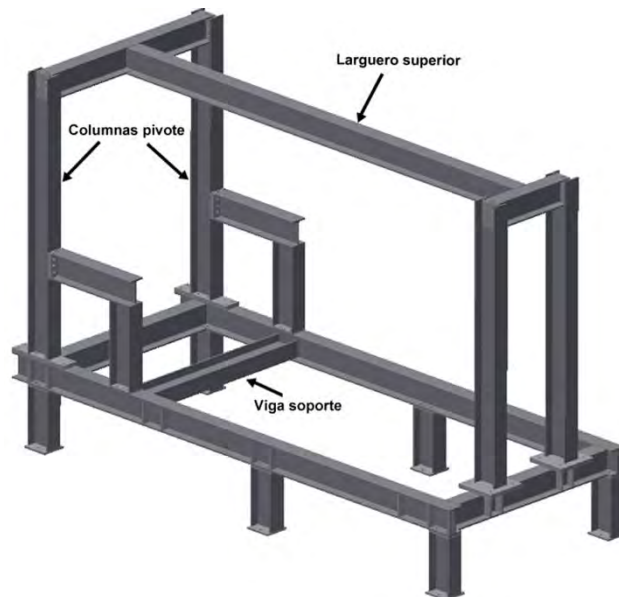


Figura 3.26. Configuración utilizada para el análisis de la estructura para el equipo EPH-24.

A continuación se presenta el desarrollo realizado para analizar los elementos críticos de la estructura final utilizando fórmulas obtenidas en la bibliografía ingenieril disponible, con el fin de asegurar la resistencia a las cargas a las que será sometida durante su operación.

Se considera que los elementos críticos de la estructura en cuestión son los siguientes:

- a) Larguero superior (Figura 3.30)
- b) Columnas Pivote (Figura 3.32)
- c) Viga soporte del mecanismo elevador (Figura 3.35)
- d) Tornillo de potencia (Figura 3.37)

Larguero superior.

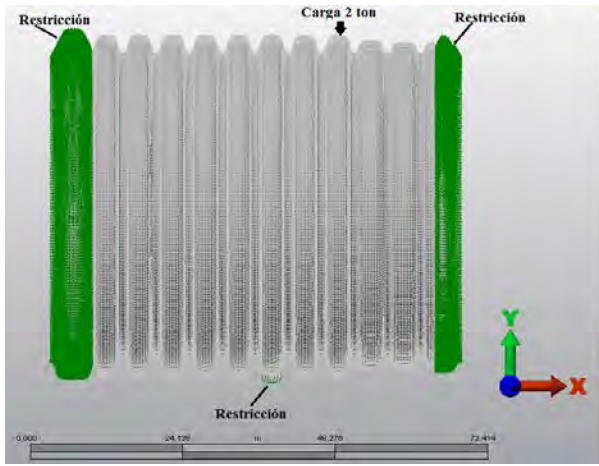
Consideraciones previas.

Este elemento soporta la carga transmitida debida a la reacción del cilindro hidráulico que aplica una fuerza a la probeta con el fin de deflectarla 5% de su diámetro externo, como se mencionó anteriormente.

Para obtener la carga necesaria para deflectar la probeta se utilizó la misma metodología que para el tubo de 60 pulg, utilizando el software (Autodesk Simulation Mechanical 2014). Para el caso de la probeta de 24 pulg el diámetro externo es de 27.80 pulg por lo que el desplazamiento en el punto de la carga para lograr un 5% de deflexión del diámetro externo es de 1.39 pulg.

En la Figura 3.27 se presentan las condiciones a las que fue simulada la probeta y en la Figura 3.28 y la Figura 3.29 se muestran los resultados obtenidos. La carga P obtenida es de 2 ton.

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212



Material Information

Plastic- HDPE (Injection Molded) -Brick

Material Model	Standard
Material Source	Autodesk Simulation Material Library
Material Source File	C:\Program Files\Autodesk\Simulation 2014\matlibs\algomat.mlb
Date Last Updated	2012/07/12 15:44:01
Material Description	High Density Polyethylene
Mass Density	0.0001294 lbf/in ³
Modulus of Elasticity	118000 lbf/in ²
Poisson's Ratio	0.37
Thermal Coefficient of Expansion	8.33e-005 1/F
Yield Strength	2000 lbf/in ²
Ultimate Strength	4000 lbf/in ²

Loads

FEA Object Group 3: Surface Forces

Surface Force

ID	Description	Part Number	Surface Number	Magnitude (lbf)	Vx	Vy	Vz
1	Unnamed	1	110	-4410.780000	0.000000	1.000000	0.000000

Figura 3.27. Condiciones para la simulación en una probeta de 24 pulg.

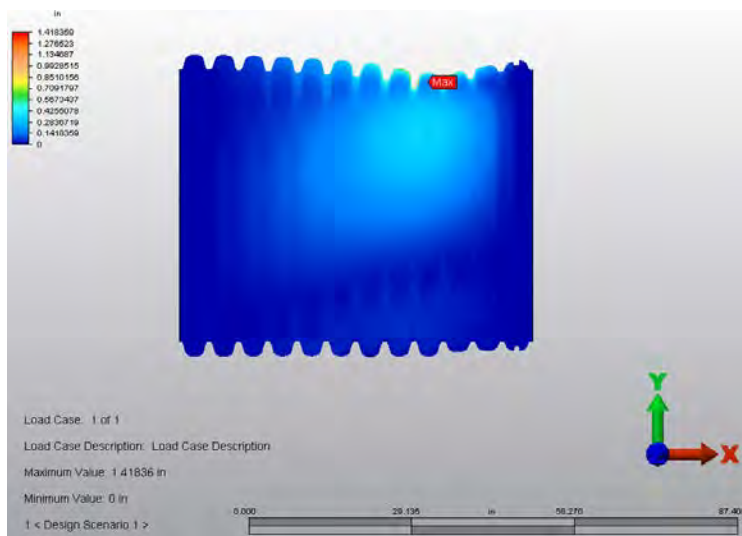


Figura 3.28. Resultados del desplazamiento en y al aplicar una carga de 2 ton, se puede observar un desplazamiento de 1.41 pulg en el punto de aplicación de la carga. Vista lateral.

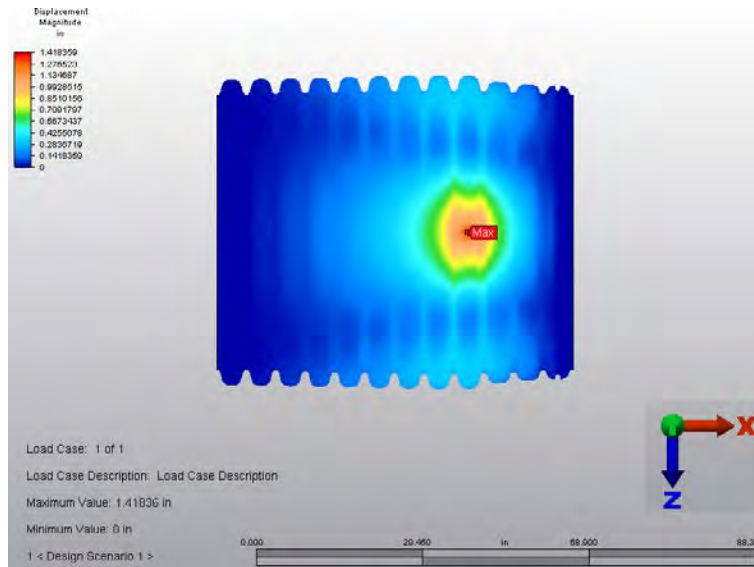


Figura 3.29. Resultados del desplazamiento en y al aplicar una carga de 2 ton. Vista superior.

Para el cálculo del larguero se considera que trabaja como una viga doblemente empotrada ya que la carga aplicada es perpendicular a su eje longitudinal y por su modo de sujeción no permiten ningún grado de libertad en sus conexiones. La carga aplicada a la viga se considera como una carga puntual ya que el área de aplicación es pequeña en comparación con el área de la viga, además se observa que la carga es estática debido a que la aplicación de la misma se realiza muy lentamente.

En la Figura 3.30 se presenta el diagrama de cuerpo libre del elemento a considerar.

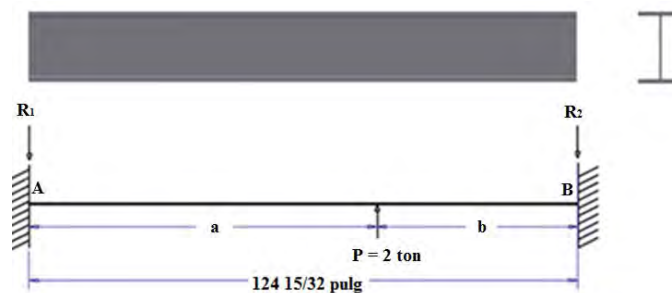


Figura 3.30. Diagrama de cuerpo libre de la viga.

La condición crítica se considera para la probeta de 24 pulg de diámetro nominal con una distancia de aplicación de la carga a considerar de $b = 25.5$ pulg

Para el cálculo de la viga se tienen los siguientes valores:

Tabla 3.33. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño del larguero superior.

Parámetro	Definición	Valor
P	Carga	19.62 kN (4,410.75 lb)
a	Distancia, a lo largo de la viga, de A al punto de aplicación de la carga	2.5138 m (98 31/32 pulg)
b	Distancia, a lo largo de la viga, del punto de aplicación de la carga a B	0.6477 m (25.50 pulg)
l	Longitud de la viga	3.1615 m (124 15/32 pulg)
--	Material	Acero A36
--	Perfil a evaluar	W4X13
σ_y acero	Esfuerzo de fluencia	36259.43 psi
E	Módulo de elasticidad	29000 ksi
I	Momento de inercia de la sección transversal	11.3 pulg ⁴
t_w	Espesor del alma del perfil	0.280 pulg
d	Altura del alma del perfil considerando ambos patines	4.16 pulg

Se procedió a obtener las reacciones en los puntos A y B así como los momentos generados en la viga. Después se calculó el módulo de flexión para compararlo con los módulos de las tablas de perfiles existentes y para seleccionar el tipo de perfil adecuado, también se revisó la deflexión máxima para asegurarnos de la rigidez, y por último se determinó la resistencia a cortante.

En la Figura 3.31 se muestran los diagramas resultantes de cortante y de momento y en la Tabla 3.34 se muestran los resultados obtenidos.

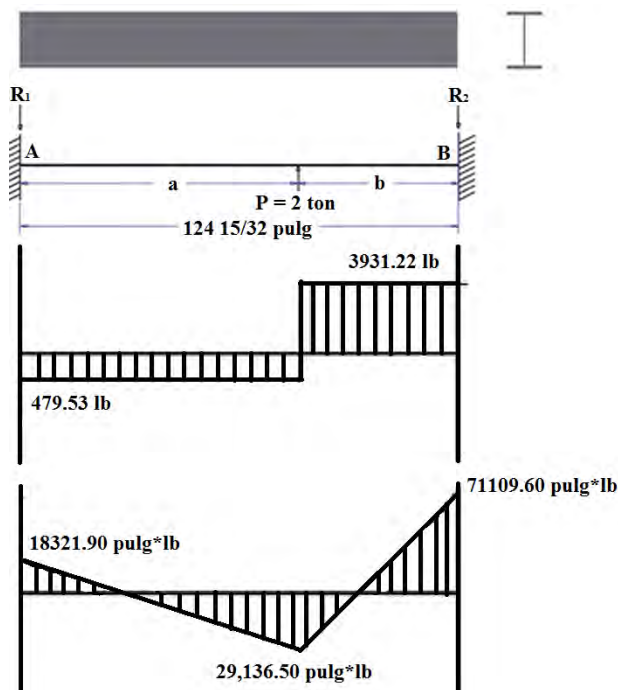


Figura 3.31. Diagramas resultantes de cortante y momento para el caso especificado.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.34. Reacciones y esfuerzos para la viga con el perfil propuesto.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Reacción en el extremo izquierdo de la viga	$R_1 = \frac{Pb^2}{l^3}(3a + b)$	479.53	<i>lb</i>
Reacción en el extremo derecho de la viga	$R_2 = \frac{Pa^2}{l^3}(a + 3b)$	3,931.22	<i>lb</i>
Momento en el extremo izquierdo de la viga	$M_1 = \frac{Pab^2}{l^2}$	18,321.90	<i>pulg * lb</i>
Momento en el extremo derecho de la viga	$M_2 = \frac{Pa^2b}{l^2}$	71,109.60	<i>pulg * lb</i>
Momento en el punto de aplicación de la carga	$M_a = \frac{2Pa^2b^2}{l^3}$	29,136.50	<i>pulg * lb</i>
Esfuerzo admisible a flexión	$\sigma_{adm} = 0.66 * \sigma_y$	23,931.20	<i>psi</i>
Módulo de flexión	$S_{req} = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$	2.97141	<i>pulg³</i>
Deflexión máxima	$\Delta_{máx} = \frac{2Pa^3b^2}{3EI(3a + b)^2}$	0.0544	<i>pulg</i>
Esfuerzo permisible a cortante	$F_v = 0.40 * F_y$	14,503.80	<i>psi</i>
Área del alma del perfil	$A_w = t_w * d$	1.1648	<i>pulg²</i>
Esfuerzo cortante promedio	$\tau_{prom} = \frac{v_{máx}}{A_w}$	3,375.02	<i>psi</i>

Resultados.

Con los datos obtenidos se selecciona un perfil **W 4x13**.

Columnas pivote.

Al igual que para el cálculo de las columnas del equipo EPH-60 se considera que las condiciones de trabajo a las que se encuentran sometidas las columnas hacen necesario que sean consideradas como vigas empotradas sometidas a flexo-tensión. La carga de flexión se debe a la reacción que ejerce la presión hidráulica aplicada durante la prueba y la carga axial es la reacción debida a la fuerza que aplica el cilindro hidráulico en la probeta para deflectarla el 5% que pide la norma. El diagrama de cuerpo libre se muestra en la Figura 3.32. La fuerza F es la resultante de la presión ejercida por el agua. Esta F para el caso del tubo de 24 pulg es 4486 lb.

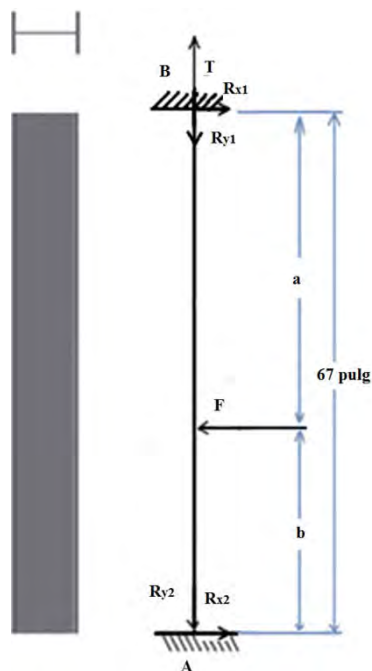


Figura 3.32. Diagrama de cuerpo libre de las columnas sometidas a una carga de flexión F y a una de tensión T.

Se tienen los siguientes datos:

Tabla 3.35. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño de las columnas externas.

Parámetro	Definición	Valor
F	Fuerza resultante (por columna)	19.96 kN (4,486 lb)
T	Carga necesaria para deflectar la probeta 5 % de su diámetro externo	4.91 kN (1,102.69 lb)
a	Distancia a lo largo de la columna de B al punto de aplicación de la carga	1.13 m (44.375 pulg)
b	Distancia a lo largo de la columna de A al punto de aplicación de la carga	0.57 m (22.625 pulg)
l	Longitud de la columna	1.70 m (67 pulg)
--	Material	Acero A36
--	Perfil a evaluar	W4X13
$\sigma_{y \text{ acero}}$	Esfuerzo de fluencia	36259.43 psi
E	Módulo de elasticidad	29000 ksi
I	Momento de inercia de la sección transversal	11.3 pulg ⁴
t_w	Espesor del alma del perfil	0.280 pulg
d	Altura del alma del perfil considerando ambos patines	4.16 pulg
y	Distancia perpendicular del punto mas alejada del perfil al eje neutro	2.08 pulg

En primer lugar se calculó la columna como una viga doblemente empotrada sometida a flexo-tensión.

Cálculo por flexión.

Se obtuvieron las reacciones en los puntos A y B así como los momentos generados en la viga. Después se calculó el módulo de flexión para obtener el tipo de perfil adecuado, se determinó la deflexión máxima para asegurarnos de la rigidez, y por último se revisó la resistencia a cortante.

En la Figura 3.33 se muestra el diagrama de cuerpo libre del elemento a analizar, así como las reacciones y momentos resultantes, se ha colocado en posición horizontal para una mayor comprensión.

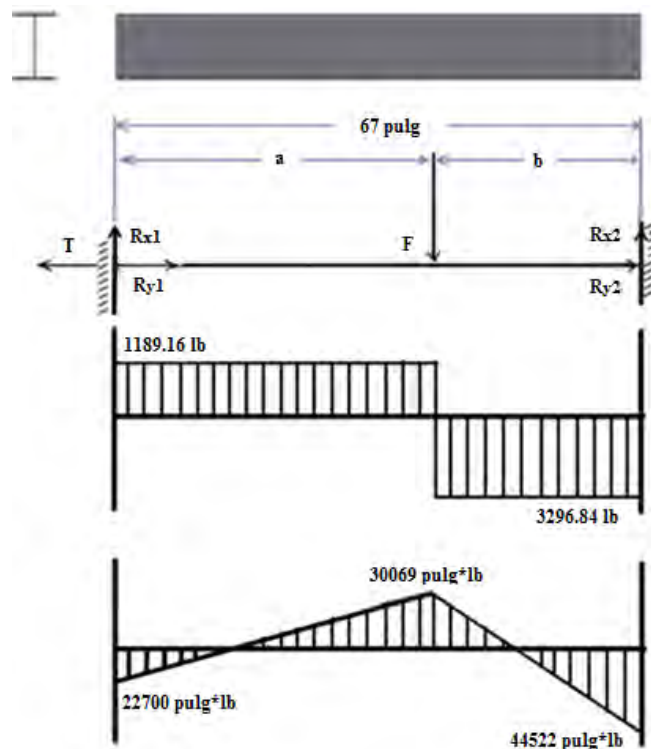


Figura 3.33. Diagramas resultantes de cortante y momento.

Cálculo por tensión.

Para este análisis se consideró al elemento como una viga apuntalada en voladizo, Figura 3.34, ya que al aplicar la carga T, y como consecuencia de esto, el nodo B se puede desplazar a lo largo del eje longitudinal de la columna.

La carga axial T aplicada al elemento produce esfuerzos directos de tensión $\sigma = \frac{T}{A}$ y la carga F genera esfuerzos de flexión $\sigma = \frac{Mc}{I}$. Como ambos esfuerzos actúan alargando o acortando las fibras del elemento, pueden combinarse algebraicamente.

En este caso se determinó la tensión, que es el caso más crítico ya que se suman los generados por la carga de tracción y los generados en las fibras inferiores debido a la flexión en la viga.

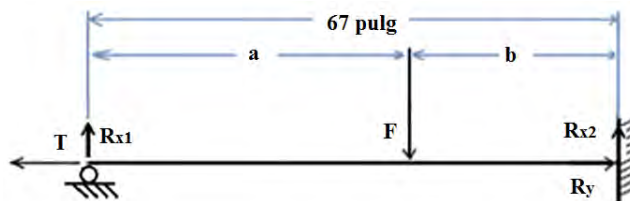


Figura 3.34. Diagrama de cuerpo libre bajo la condición de viga apuntalada en voladizo para el análisis por flexo-tensión.

En la Tabla 3.36 se enlistan los resultados obtenidos en ambos análisis.

Tabla 3.36. Reacciones y esfuerzos para la viga propuesta.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Reacción en el extremo izquierdo de la viga	$R_{X1} = \frac{Fb^2}{l^3} (3a + b)$	1,189.16	lb
Reacción en el extremo derecho de la viga	$R_{X2} = \frac{Fa^2}{l^3} (a + 3b)$	3,296.84	lb
Momento en el extremo izquierdo de la viga	$M_1 = \frac{Fab^2}{l^2}$	22,700.00	pulg * lb
Momento en el extremo derecho de la viga	$M_2 = \frac{Fa^2b}{l^2}$	44,522.00	pulg * lb
Momento en el punto de aplicación de la carga	$M_a = \frac{2Fa^2b^2}{l^3}$	30,069.00	pulg * lb
Esfuerzo admisible a flexión	$\sigma_{adm} = 0.66 * \sigma_y$	23,931.20	psi
Módulo de flexión	$S_{req} = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$	1.86	pulg ³
Deflexión máxima	$\Delta_{máx} = \frac{2Fa^3b^2}{3EI(3a + b)^2}$	0.017	pulg
Esfuerzo admisible a cortante	$F_v = 0.40 * F_y$	14,503.80	psi
Área del alma del perfil	$A_w = t_w * d$	1.17	pulg ²
Esfuerzo cortante promedio	$\tau_{prom} = \frac{V_{máx}}{A_w}$	2,830.39	psi
Esfuerzo admisible a tensión	$\sigma_{adm} = 0.60F_y$	21,755.70	psi
Esfuerzo de tensión total	$\sigma_{inf} = \frac{T}{A_w} + \frac{M_{máx}y}{I}$	9,141.88	psi

Resultados.

Con los valores obtenidos se selecciona un perfil **W4x13**.

Viga soporte del mecanismo elevador.

La viga soporte del mecanismo elevador trabaja como una viga doblemente empotrada sometida a flexión en su eje menor (Figura 3.35). La carga F total aplicada se debe a la suma del peso de las probetas llenas de agua y a la carga aplicada para la deflexión de la tubería en un 5% de su diámetro exterior. Para el caso del equipo EPH-24 esta carga se divide en cinco puntos.

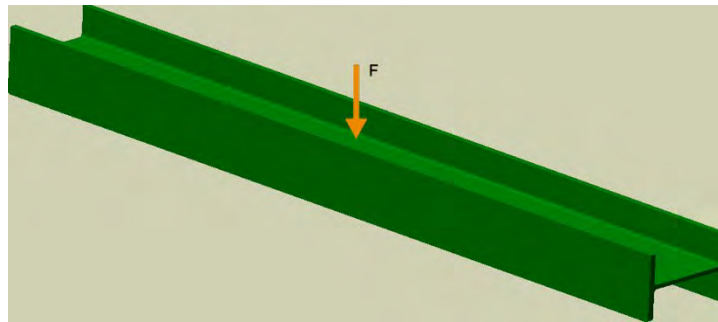


Figura 3.35. Viga soporte del mecanismo elevador.

En la Figura 3.36 se muestra el diagrama de cuerpo libre con las cargas a las que está sometida la viga y los diagramas de córtate y momentos. El elemento fue considerado como una viga doblemente empotrada con una carga puntual en el centro por perfil 4x13.

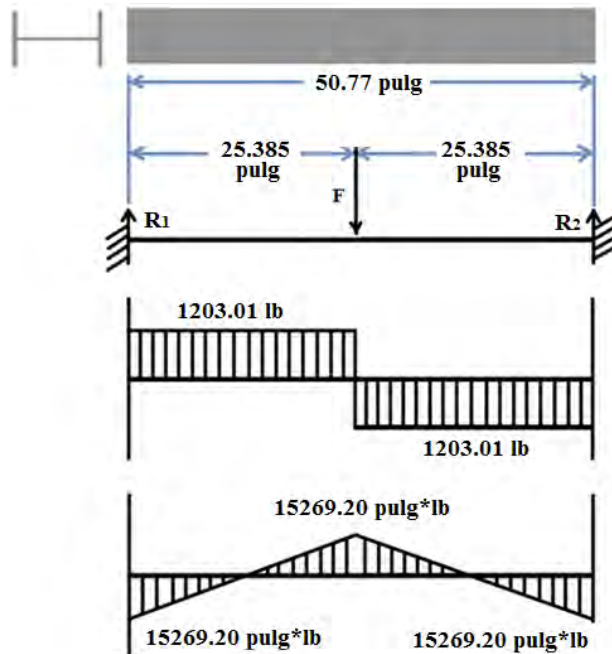


Figura 3.36. Diagramas resultantes de cortante y momento.

Para los cálculos se tienen los siguientes datos:

Tabla 3.37. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño de la viga soporte del mecanismo elevador.

Parámetro	Definición	Valor
F	Fuerza correspondiente a la suma del peso de las probetas llenas de agua y de la carga de deflexión soportada en cada uno de los cinco soportes.	10,702.51 N (2,406.02 lb)
l	Longitud de la viga	50.77 pulg
--	Material	Acero A36
--	Perfil a evaluar	W4x13
σ_y acero	Esfuerzo de fluencia	36259.43 psi
E	Módulo de elasticidad	29000 ksi
I	Momento de inercia de la sección transversal al rededor del eje menor	3.86 pulg ⁴
t_w	Espesor del alma del perfil	0.280 pulg
d	Altura del alma del perfil considerando ambos patines	4.16 pulg

Los resultados finales se presentan en la Tabla 3.38.

Tabla 3.38. Resultados del análisis de la viga soporte del mecanismo elevador.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Reacción en el extremo izquierdo de la viga	$R_1 = \frac{F}{2}$	1,203.01	lb
Reacción en el extremo derecho de la viga	$R_2 = \frac{F}{2}$	1,203.01	lb
Momento en el extremo izquierdo de la viga	$M_1 = \frac{Fl}{8}$	15,269.20	pulg * lb
Momento en el extremo derecho de la viga	$M_2 = \frac{Fl}{8}$	15,269.20	pulg * lb
Momento en el punto de aplicación de la carga	$M_{m\acute{a}x} = \frac{Fl}{8}$	15,269.20	pulg * lb
Esfuerzo admisible a flexión	$\sigma_{adm} = 0.66 * \sigma_y$	23,931.20	psi
Módulo de flexión	$S_{req} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}}$	0.6380	pulg ³
Deflexión máxima	$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{Fl^3}{192EI}$	0.0146	pulg
Esfuerzo permisible a cortante	$F_v = 0.40 * F_y$	14,503.80	psi
Área del alma del perfil	$A_w = t_w * d$	1.16	pulg ²
Esfuerzo cortante promedio	$\tau_{prom} = \frac{v_{m\acute{a}x}}{A_w}$	1,032.80	psi

Resultados.

Como resultado se seleccionó el perfil **W4X13** al cumplir con las especificaciones.

Tornillo de potencia.

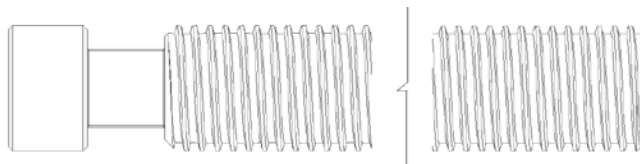


Figura 3.37. Tornillo Acme.

Para el cálculo del tornillo de potencia del equipo EPH-24 se tienen los siguientes datos:



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.39. Datos de entrada para el cálculo de las variables de diseño del tornillo de potencia.

Parámetro	Definición	Valor
--	Tipo de tornillo	Acme
--	Material del tornillo	Acero 1020
--	Material de la tuerca	Bronce fosforado
P	Carga	4,486 lb
lt	Longitud total	48.75 pulg
k	Factor de sujeción en los extremos	0.5
f	Coefficiente de fricción	0.15
σ_y	Esfuerzo de fluencia	48,000 psi
FS	Factor de seguridad	5
l	Distancia de recorrido	10 pulg
t	Tiempo requerido para el avance de la distancia de l pulg	45 seg

Primero se obtuvo el área requerida para el esfuerzo de tensión. Con este valor, por tablas, obtenemos los siguientes datos del tornillo, en este caso por conveniencia en cuanto al aspecto de seguridad se eligió un diámetro mayor de 2 pulg aun cuando con uno de 1 pulg sería suficiente:

Tabla 3.40. Datos del tornillo de potencia.

Parámetro	Definición	Valor
D	Diámetro mayor	2 pulg
p	Paso	0.25 pulg
D_r	Diámetro menor mínimo	1.6948 pulg
D_p	Diámetro mínimo de paso	1.8402 pulg
l	Avance	0.25 pulg
--	Roscas por pulgada	4
E	Módulo de elasticidad	30,000 ksi
h_f	Altura del filete = $0.5p$	0.125 pulg
b	Profundidad del filete = $0.5p$	0.125 pulg
ϕ	Ángulo de rosca	14.5° , para roscas tipo Acme
As	Área al esfuerzo cortante por pulgada	3.262 pulg ²

A continuación se analizó el elemento como una columna para verificar su resistencia a compresión y asegurar que no fallara por pandeo. Para determinar si el tornillo se calcularía con la ecuación de Euler, que se aplica a columnas largas, o con la ecuación de J. B. Johnson, aplicada a columnas cortas, se determinó la relación de esbeltez y se comparó con la relación de esbeltez de transición. En este caso, como la relación de esbeltez fue menor a C_c se consideró que el elemento actúa como una columna corta y se resolvió con la ecuación de J. B. Johnson.

Por otra parte para asegurar que el elemento no fallará por fluencia se verificó el esfuerzo debido a la carga axial P. También se calculó el esfuerzo de flexión en la raíz de los filetes, el par torsional para soportar la carga y la eficiencia del tornillo.

Con respecto a la tuerca se calculó la longitud de la misma y el esfuerzo debido al aplastamiento entre la tuerca y el tornillo, así como el esfuerzo cortante transversal. En la Tabla 3.41 se muestran los resultados.

Por último se calculó la velocidad de giro y la potencia necesaria del motorreductor.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.41. Resultados del cálculo del tornillo.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Esfuerzo admisible en compresión	$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{(F.S)}$	9.60	ksi
Área requerida para el esfuerzo de tensión	$A_t = \frac{P}{\sigma_a}$	0.4673	pulg ²
Área de la sección transversal	$A = \pi \frac{D_r^2}{4}$	2.26	pulg ²
Momento de inercia	$I = \frac{\pi * D_r^4}{64}$	0.4050	pulg ⁴
Radio de giro	$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$	0.4237	pulg
Relación de esbeltez	Relación de esbeltez = $\frac{kl_t}{r}$	57.53	adimensional
Relación de esbeltez de transición	$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}}$	111.072	adimensional
Ángulo de avance	$\lambda = \tan^{-1} \frac{l}{\pi D_p}$	2.48	grados
Carga crítica de pandeo (Ecuación de J. B. Johnson)	$P_{cr} = A\sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y (kl_t/r)^2}{4\pi^2 E} \right]$	93,760.50	lb
Esfuerzo debido a la carga axial	$\sigma_p = \frac{P}{A}$	1.985	ksi
Longitud mínima de tuerca ¹⁶	$h = A_t \frac{1 \text{ pulg}}{A_s}$	2	pulg
Par torsional necesario para soportar la carga	$T_u = \frac{FD_p}{2} \left[\frac{\cos \phi \tan \lambda + f}{\cos \phi - f \tan \lambda} \right]$	823.80	lb * pulg
Eficiencia del tonillo	$e = \frac{Fl}{2\pi T_u}$	21.67	porcentaje
Número de filetes en contacto	$n = \text{roscas por pulgada} * h$	8	adimensional
Esfuerzo debido a presión por aplastamiento desarrollada entre el tornillo y la tuerca ¹⁷	$\sigma_B = \frac{F}{\pi D_p h_f n}$	0.776	ksi
Esfuerzo de flexión en la raíz del filete del tornillo	$\sigma_b = \frac{3Fh_f}{\pi D_r n b^2}$	2.528	ksi
Esfuerzo cortante transversal en el centro de la raíz del filete	$\tau = \frac{3F}{2\pi D_r n b}$	1.264	ksi

¹⁶ El valor real es de 0.14333 pulg, sin embargo por conveniencia se elige una longitud de 2 pulg.

¹⁷ Por tablas se puede observar que este valor se encuentra dentro de los parámetros de diseño para un tornillo de acero con una cuerda de bronce a velocidades bajas.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Esfuerzo cortante transversal en los filetes de la tuerca	$\tau = \frac{3F}{2\pi Dnb}$	1.071	ksi
Velocidad lineal	$v = \frac{l}{t}$	2/9	pulg/s
Velocidad de giro	$n = v * \frac{1}{l} * \frac{60 s}{1 min}$	40	rpm
Potencia requerida	$P = \frac{T_u n}{63000}$	0.52	HP

Resultados.

Se puede observar que la carga aplicada es menor que la carga crítica para pandeo, lo que asegura que no fallará por pandeo. También, y ya que el esfuerzo debido a la carga es menor al admisible, se asegura que el elemento no fallará por fluencia.

Por otra parte se tiene que el esfuerzo mayor en los filetes del tornillo es el de flexión en la raíz del filete y el cual es menor que el esfuerzo de fluencia del acero 1020 por lo que se considera satisfactorio el diseño para el tornillo.

En el caso del esfuerzo cortante transversal en los filetes de la tuerca tenemos que es menor al valor del esfuerzo de fluencia de un bronce fosforado recocido el cual es de aproximadamente 19 ksi por lo que el diseño para la tuerca se considera satisfactorio.

Por último, con los datos de la potencia y de la velocidad de giro, se decidió seleccionar un motorreductor **marca Falk, modelo PH042** con una **potencia de 3/4 HP** y una **relación de 1750 (entrada)/40 (salida) rpm**.

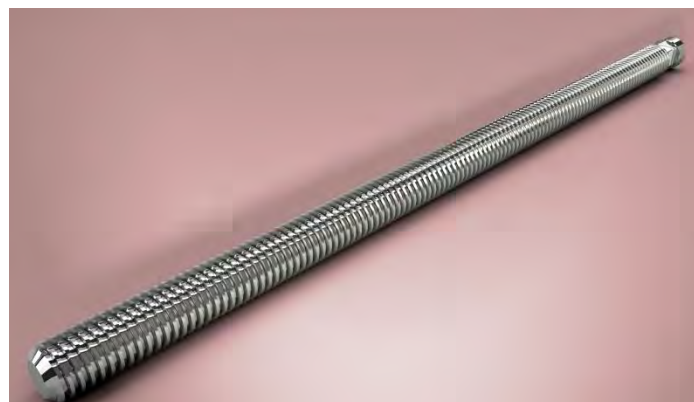


Figura 3.38. Tornillo Acme.

3.1.2.2. ELEMENTOS AUXILIARES.

A continuación se presentan los criterios de selección para los equipos auxiliares del equipo EPH-24 y se muestran las características principales de los mismos. En Tabla 3.42 se enlistan los equipos auxiliares y la función principal que cubren en la operación del equipo EPH-24. Se hace la observación que para el equipo EPH-24 se utilizó la misma bomba de vacío que ya se especificó en los elementos auxiliares del equipo EPH-60.

Tabla 3.42. Equipos auxiliares en los equipos de hermeticidad.

Equipo	Tipo de accionamiento	Función principal
Cilindros de potencia	Hidráulico	Aplicar carga a las probetas, soporte a las mismas y desplazar elementos
Bomba hidráulica de potencia	Eléctrico	Activar a los cilindros de potencia
Bomba de agua	Eléctrico	Aplicar presión hidráulica a las probetas
Bomba de vacío	Eléctrico	Aplicar vacío a las probetas
Motorreductor	Eléctrico	Ejercer movimiento al marco deslizante y posicionar el aplicador de carga

Cilindros de potencia.

La ubicación de los cilindros para el equipo EPH-24 se muestra en la Figura 3.39. Para la selección de los cilindros se consideró la marca ENERPAC y el factor determinante para la elección de los modelos fue la capacidad de carga al avance y la carrera del émbolo. En la Figura 3.40 se muestra el diagrama del sistema de potencia hidráulico.

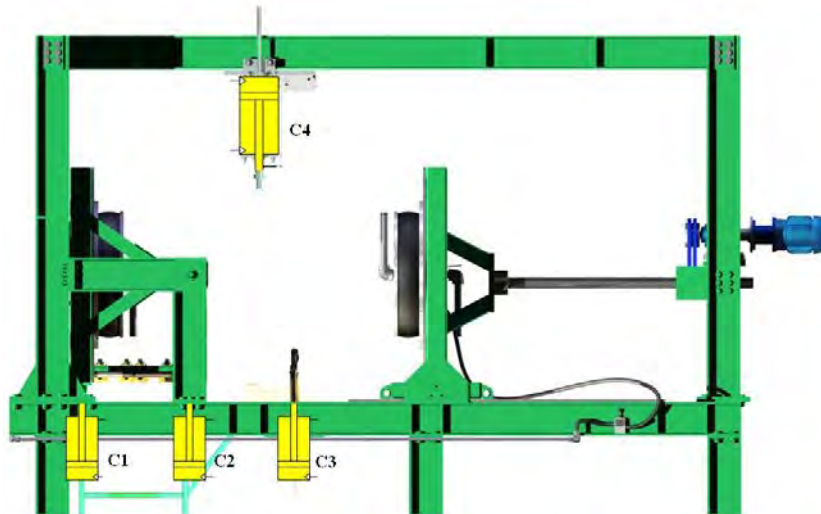


Figura 3.39. Posición de los cilindros en el equipo EPH-24.

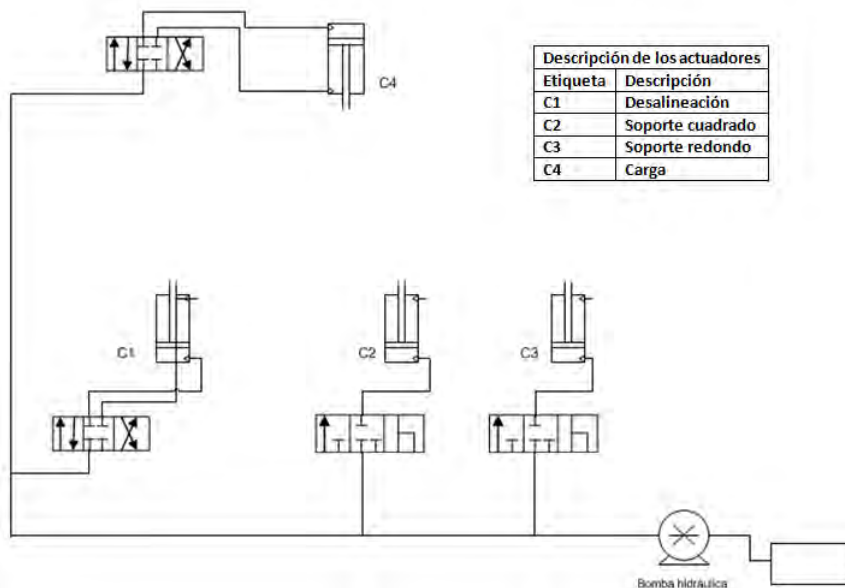


Figura 3.40. Diagrama del sistema de potencia del equipo EPH-24.

Cilindros C2 y C3.

Estos cilindros sirven para soportar el peso de las probetas, el peso del agua y la carga aplicada para deflectar las probetas un 5% de su diámetro externo. En la Tabla 3.43 se muestran las restricciones para la selección de los cilindros y en la Tabla 3.44 se muestran las características de los cilindros seleccionados.

Tabla 3.43. Restricciones para la selección de los cilindros C3, C4 Y C5.

Parámetro	Definición	Valor
P	Carga mínima de soporte por cilindro	1.1 ton
l	Carrera máxima necesaria	5 pulg
--	tipo	Simple efecto

Los cilindros se eligieron de simple efecto ya que con el peso del tubo y con el retorno del aceite al depósito basta para regresarlos a su posición totalmente retraída.

Tabla 3.44. Información técnica de los cilindros elegidos para C3, C4 Y C5.

ID	Modelo	Capacidad real a una presión de operación de 8,000 lb (recomendada por el fabricante)	Carrera de operación (recomendada por el proveedor, 80% de la real)	Tipo	Operación	Volumen de aceite máximo
C2	ENERPAC RC-55	3.59 ton	4 pulg	Simple efecto	Serie	4.97 pulg ³
C3	ENERPAC RC-55	3.59 ton	4 pulg	Simple efecto	Serie	4.97 pulg ³

Cilindro C1.

Estos cilindros además de soportar 1/5 de la carga de las probetas llenas de agua y de la carga aplicada para deflectar el tubo, su función es la de girar el marco pivote 5° respecto al eje longitudinal del tubo. Para lograr esta tarea se tiene que cumplir con los requisitos dados en la Tabla 3.45.

Tabla 3.45. Restricciones para la selección de los cilindros C1 y C2.

Parámetro	Definición	Valor
P	Carga mínima de soporte por cilindro ¹⁸	0.59 ton
l	Carrera máxima necesaria	4 pulg
--	tipo	Simple efecto

En la Tabla 3.46 se muestran las características de los cilindros seleccionados.

Tabla 3.46. Información técnica del cilindro C1.

ID	Modelo	Capacidad real a una presión de operación de 8,000 lb (recomendada por el fabricante)	Carrera de operación (recomendada por el proveedor, 80% de la real)	Tipo	Operación	Volumen de aceite máximo
C1	ENERPAC RC-55	3.59 ton	4 pulg	Simple efecto	Serie	4.97 pulg ³

Cilindros C4.

El cilindro C4 es el encargado de deflectar las probetas al 5% del diámetro externo. La carga necesaria para deflectar un tubo de 24 pulg de diámetro nominal es la más crítica y se obtuvo anteriormente en el análisis de la estructura. Se eligió un cilindro de doble acción para conseguir que el émbolo se pudiera retraer ya que por la posición en la que se encuentra no es posible su retracción automática. En la Tabla 3.47 se muestran las restricciones para la elección del modelo del cilindro y en la Tabla 3.48 se muestran los datos del modelo elegido.

Tabla 3.47. Restricciones para la selección del cilindro C4.

Parámetro	Definición	Valor
Pr	Carga mínima de soporte por cilindro (retroceso caso crítico)	2 ton
l	Carrera máxima necesaria	8 pulg
--	tipo	Doble efecto

¹⁸ Contando el peso del marco y del molde para tubería de 24 pulg



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.48. Información técnica del cilindro C4.

ID	Modelo	Capacidad real a una presión de operación de 8,000 lb (recomendada por el fabricante)	Carrera de operación (recomendada por el proveedor, 80% de la real)	Tipo	Operación	Volumen de aceite máximo
C8	ENERPA C RR-1010	8.1 ton	8 pulg	Doble efecto	Serie	22.33 pulg ³

Bomba hidráulica de potencia

La bomba hidráulica de potencia es la encargada de generar el flujo necesario para la operación de los cilindros hidráulicos. Esta bomba se eligió de la marca ENERPAC por compatibilidad con los cilindros. En la Tabla 3.49 se muestran las restricciones para la selección de la bomba hidráulica de potencia.

Tabla 3.49. Restricciones para la selección de la bomba hidráulica de potencia.

Parámetro	Valor
Tipo de operación	Eléctrica
Ubicación	Estática
Ciclo de trabajo	Intermitente
Volumen utilizable de aceite requerido=1.2 x volumen de aceite de los cilindros	0.1935 galones
Velocidad de levantamiento	6.7 seg/pulg
Tipo de voltaje	Trifásico
Tipo de control	Cable remoto
Tipo de accionamiento	Avance/retención/retracción

Con las restricciones dadas se utilizó el catálogo de selección de bombas de ENERPAC y se eligió una bomba serie ZE5 con los datos indicados en la Tabla 3.40.

Tabla 3.40. Características de la bomba de potencia seleccionada.

Modelo	Potencia	Tasa de flujo de salida de 10,000 psi	Volumen utilizable de aceite	Tipo de válvula	Voltaje	Peso
ENERPAC PUJ-1400B	0.5 HP	200pulg ³ /min	0.50 galones	4 vías, 3 posiciones	115 VAC, 3 fases a 50/60 Hz	29 lb

Bomba de agua

Esta bomba alimenta a las probetas del agua necesaria para generar la presión indicada. Los datos de entrada para la selección de la bomba se muestran en la Tabla 3.41 y en la Tabla 3.42 se pueden revisar los resultados obtenidos.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Tabla 3.41. Restricciones para la selección de la bomba de agua.

Parámetro	Definición	Valor
γ	Peso específico del fluido	9,797.34 kN/m ³
ν	Viscosidad cinemática del fluido	1.0038x10 ⁻⁶ m ² /s
g	Aceleración de la gravedad	9.81 m/s ²
Q	Caudal requerido	0.0045 m ³ /s (0.27 m ³ /min)
L_{asp}	Longitud de aspiración	55.00 m
L_{des}	Longitud de descarga	15.85 m
Z	Diferencia de altura	3.60 m
d	Diámetro de la tubería	0.0381
f	Factor de fricción	0.026
η	Rendimiento de la bomba	0.80

Tabla 3.42. Resultados para la bomba requerida.

Parámetro	Ecuación aplicable	Resultados	Unidades
Velocidad de succión	$v_{succ} = \frac{Q}{(\pi d^2/4)}$	3.947	m/s
Velocidad de descarga	$v_{desc} = \frac{Q}{(\pi d^2/4)}$	3.947	m/s
Número de Reynolds	$RE = v_{succ} \frac{d}{\nu}$	149,813	adimensional
Pérdidas a la succión	$h_{asp} = f \left(\frac{L_{asp}}{L_{des}} \right) \left(\frac{v_{succ}^2}{2g} \right)$	29.80	m
Pérdidas a la descarga	$h_{des} = f \left(\frac{L_{asp}}{L_{des}} \right) \left(\frac{v_{desc}^2}{2g} \right)$	8.59	m
Altura dinámica total	$H = h_{asp} + h_{des} + \left(\frac{v_{desc}^2}{2g} \right) + z$	42.79	m
Potencia de la bomba	$P = Q\gamma H$	1.89 (2.53)	kW (hp)
Potencia real de la bomba	$P_r = \frac{P}{\eta}$	3.16	hp

Resultados.

Con los datos de la altura dinámica total y con el caudal deseado y en base a los cálculos se decidió utilizar una bomba Modelo Prisma35N-2/3224 de 1.5 HP a 3500 rpm, marca Espa.

Motorreductor.

Para el caso del motorreductor del equipo EPH-24, con los datos obtenidos anteriormente se seleccionó un motorreductor marca **Falk**, modelo **PH042** con una **potencia de 3/4 HP** y una **relación de 1750 (entrada)/40 (salida) rpm**.

CAPITULO 4. FABRICACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS DE HERMETICIDAD (EPH-60 Y EPH-24)

En este capítulo se presentan las actividades realizadas durante la fabricación de las piezas y ensambles, así como las actividades llevadas a cabo con el fin de poner en marcha los equipos en la planta donde se ubicarían finalmente. Esta información se presenta mayormente de manera visual.

4.1. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EPH-60 Y EPH-24.

Una vez obtenido el diseño de detalle de los elementos que conformarían los equipos propuestos se generaron los planos de fabricación y ensamble los cuales se presentan en el anexo B, para su construcción e instalación.

Cabe mencionar que la construcción e instalación de los equipos se llevó cabo por una empresa fabricante de tuberías plásticas. Dicha empresa proporcionó los recursos económicos para la construcción e instalación de los equipos mediante la contratación de empresas encargadas de fabricar las piezas de maquinado especial, habilitación de elementos estructurales así como de una empresa encargada de la instalación de todos los elementos y sistemas que conforman los equipos.

La relación con los proveedores durante el proyecto se tornó complicada pero se fueron resolviendo los problemas conforme se presentaban. Al final la empresa patrocinadora del proyecto quedó satisfecha al obtener los prototipos con las características solicitadas.

A continuación se muestran una serie de fotografías de las piezas y de los elementos requeridos para la construcción de los equipo EPH-60 y EPH-24 propuestos, las cuales fueron tomadas en los talleres donde se fabricaron. En las siguientes imágenes (Figura 4.1 a Figura 4.6) se presentan las piezas que requirieron maquinados especiales y que corresponden al equipo EPH-60.



Figura 4.1. Rodajas, mangos, bujes, Pernos y tornillos.



Figura 4.2. Catarinas y bridas.



Figura 4.3. Usillo del marco deslizante.



Figura 4.4. Rodajas.



Figura 4.5. Placas para Catarina.



Figura 4.6. Pernos para marco pivote.

A continuación se presentan imágenes (Figura 4.7 a Figura 4.15) de la habilitación de los elementos estructurales en el taller de soldadura.



Figura 4.7. Marcos.



Figura 4.8. Columnas.



Figura 4.9. Guías izaje.



Figura 4.10. Placas atezadores.



Figura 4.11. Placas de sujeción.



Figura 4.12. Placas para guías.



Figura 4.13. Placas para acoplamiento de guías.



Figura 4.14. Base en construcción.



Figura 4.15. Armado estructural EPH-60.

En la Figura 4.16 a la Figura 4.21 se muestran los equipos y dispositivos requeridos para los sistemas auxiliares.



Figura 4.16. Motorreductor para posicionar la barra de carga.



Figura 4.17. Motorreductor para el marco deslizante.



Figura 4.18. Bomba de agua.



Figura 4.19. Bomba de vacío.



Figura 4.20. Bomba hidráulica para pistones.



Figura 4.21. Pistones y válvulas.

Para el prototipo del equipo de pruebas de hermeticidad EPH-24 se fabricaron los elementos maquinados así como los elementos estructurales además de que también se adquirieron los dispositivos necesarios. En las fotografías (Figura 4.22 a Figura 4.38) que a continuación se muestran se pueden apreciar los elementos habitados del equipo de pruebas mencionado.

A continuación se presentan imágenes de las piezas que requirieron maquinados especiales:



Figura 4.22. Acoplamiento de usillo catarinas y bujes.



Figura 4.23. Pernos y bujes.



Figura 4.24. Catarinas y bridas.



Figura 4.25. Rodajas y ejes.



Figura 4.26. Usillo y acoplamiento.

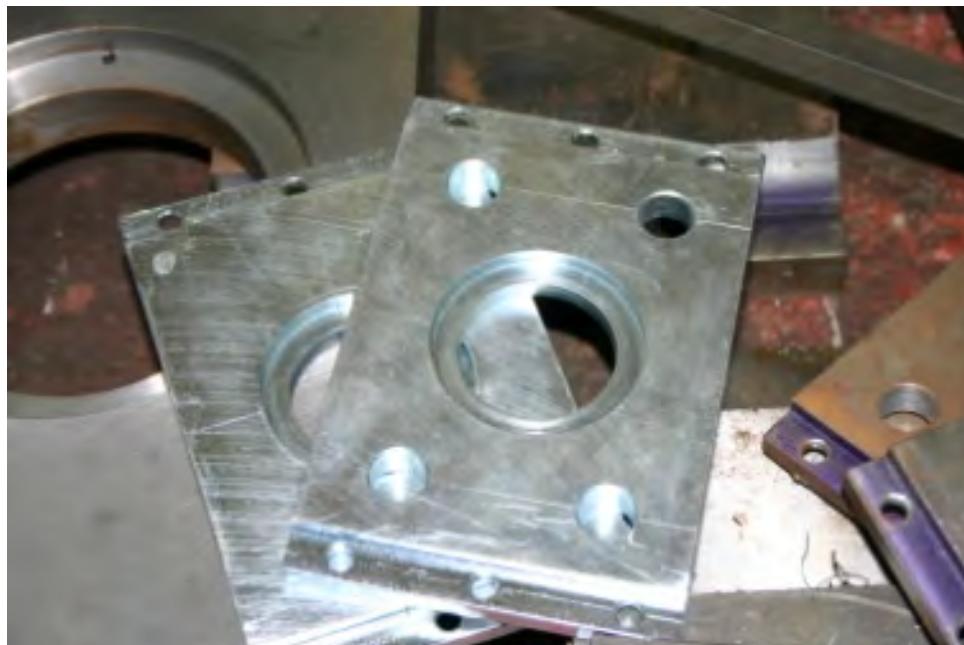


Figura 4.27. Placas para catarinas.

A continuación se presentan imágenes de habilitación de los elementos estructurales.



Figura 4.28. Columnas.



Figura 4.29. Base superior.



Figura 4.30. Marcos.



Figura 4.31. Estructura.



Figura 4.32. Placas y barras.



Figura 4.33. Armado estructural.

Equipos y dispositivos requeridos para los sistemas hidráulicos, neumáticos, etc.



Figura 4.34. Motorreductor para el marco deslizante.



Figura 4.35. Bomba de agua.



Figura 4.36. Bomba de vacío.



Figura 4.37. Bomba hidráulica para pistones.



Figura 4.38. Rodamientos y catarinas.

El trabajo de habilitación estructural culminó con el armado del equipo EPH-60 en el taller de fabricación y posteriormente, con la entrega del mismo en la planta de ADS mexicana en Jilotepec, en donde se ensambló tanto la parte estructural como los sistemas que conforman los equipos EPH-60 y EPH-24. A continuación se muestra una imagen del material habilitado y los dispositivos puestos en planta.



Figura 4.39. Materiales y equipos puestos en la planta de Jilotepec.

Una vez teniendo los elementos fabricados y dispositivos adquiridos se inició con el armado del equipo de hermeticidad EPH-60, el cual consistió de las siguientes actividades.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

Se inició con el ensamble de las siguientes partes estructurales: Base inferior, Columnas interiores, columnas exteriores, base superior, marco deslizamiento, marco desplazamiento, base motorreductor, vigas para izaje. A continuación se muestra en las Figuras 4.40 a la 4.47 el armado de los equipos.



Figura 4.41. Colocación de soportes y de la base inferior.



Figura 4.42. Colocación de la estructura superior.



Figura 4.43. Colocación de la estructura superior.



Figura 4.44. Colocación de las columnas centrales y de izaje.



Figura 4.45. Colocación de la estructura base del motorreductor.



Figura 4.46. Colocación del marco de desalineación.



Figura 4.47. Colocación del marco deslizante.



Figura 4.48. Colocación de la línea de potencia de los cilindros hidráulicos.

EQUIPO DE HERMETICIDAD EPH-60.



Figura 4.49. Equipo de hermeticidad EPH-60 montado en planta.



Figura 4.50. Marco para desalinear.



Figura 4.51. Marco para desplazamiento para acoplamiento espiga-campana.



Figura 4.52. Sistema de carga para prueba de deflexión.



Figura 4.53. Elementos de desalceamiento.



Figura 4.54. Soporte cuadrado.



Figura 4.55. Soporte central.



Figura 4.56. Soporte Redondo.



Figura 4.57. Sistema hidráulico.



Figura 4.58. Sistema de izaje.



Figura 4.59. Sistema neumático.



Figura 4.60. Válvulas de control hidráulico.



Figura 4.61. Válvulas de control hidráulico de potencia.



Figura 4.62. Panel de control eléctrico.

EQUIPO DE HERMETICIDAD EPH-24.



Figura 4.63. Equipo de hermeticidad EPH-24 en planta.



Figura 4.64. Marco desplazamiento para acoplamiento espiga-campana.



Figura 4.65. Marco para desalinear.



Figura 4.66. Sistema de carga para prueba de deflexión.



Figura 4.67. Soporte cuadrado y soporte redondo.



Figura 4.68. Sistema hidráulico.



Figura 4.69. Sistema de neumático.



Figura 4.70. Válvulas de control hidráulico.

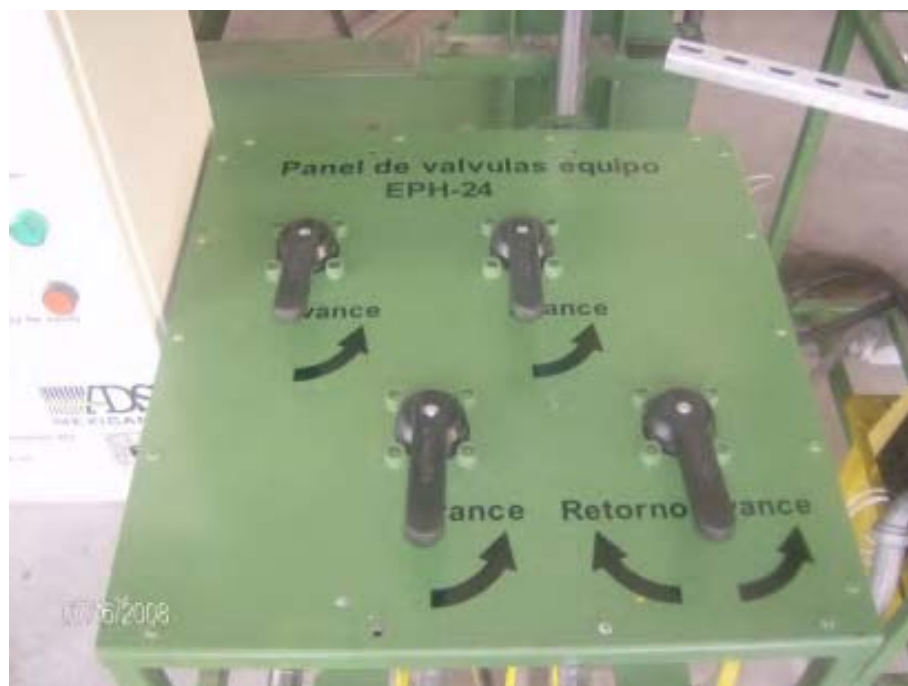


Figura 4.71. Válvulas de control hidráulico de potencia.

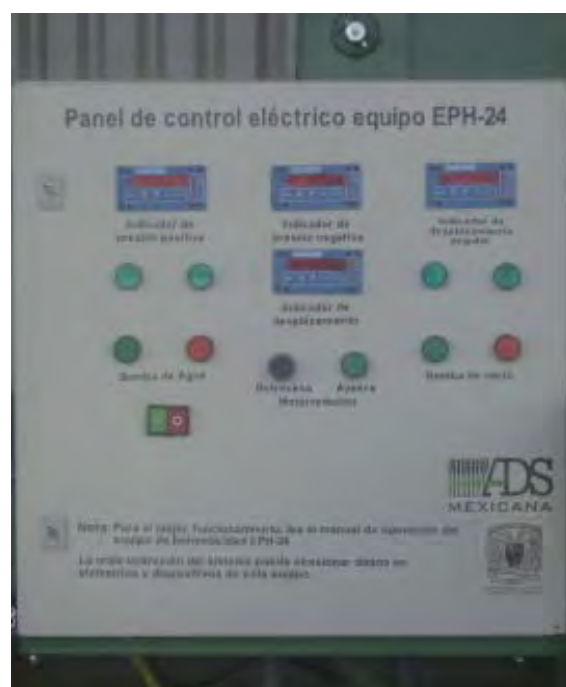


Figura 4.72. Panel de control eléctrico.

Cabe mencionar que en esta etapa fue necesario realizar una serie de ajustes menores al diseño original de los equipos además de los trabajos de montaje, interconexión y suministro de servicios a los equipos.

La empresa solicitante construyó dentro de una de sus instalaciones que se encuentra ubicada en Jilotepec de Molina, Estado de México, una nave para instalar los equipos EPH-24 y EPH-60, de acuerdo a las especificaciones requerida para su adecuada operación.

A continuación se muestra una imagen de los equipos instalados en planta.



Figura 4.73. Vista general de la nave y de los equipos, EPH-60 y EPH-24, instalados de la planta Jilotepec.

4.2. PRUEBAS A LOS PROTOTIPOS.

Una vez instalado los equipos se inició con las pruebas a los prototipos, para esto se realizó una serie de evaluaciones en colaboración con el personal de ingeniería de la empresa ADS Mexicana, en donde se determinó que se realizaran las primeras pruebas a las tuberías que más propensión a la falla presentan durante su servicio las cuales son las de diámetros de entre 36, 42, 48 y 60 pulg, por lo que se tomó la decisión de que la primera ronda de pruebas se realizaran con tuberías de 60 pulg. Para ello, fue necesario realizar una serie de trabajos los cuales consistieron en

- Pruebas de operación de los sistemas que componen los equipos.
- Generación de un diagrama de proceso para la operación y realización de las pruebas de hermeticidad.
- Pruebas a los prototipos con tuberías corrugadas de Polietileno de Alta Densidad.

Prueba preliminar para la puesta a punto de los sistemas que conforman el equipo EPH-60.

Se realizaron las pruebas preliminares para el ajuste de los sistemas que constituyen los equipos diseñados, debido a que muchos de sus sistemas no habían sido probados y no se tenía la certeza de su funcionamiento, las pruebas preliminares consistieron en:



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

- Colocación de los moldes utilizando el sistema de izaje para su maniobra y colocación en el marco deslizante y en el marco pivote.
- Colocación de los tramos de tubería espiga y campana en los marcos correspondientes.
- Activación de la bomba y las válvulas de los pistones que llevan los apoyos para colocarlos a la distancia que requiere la tubería a probar.
- Activación del sistema neumático para el inflado de las cámaras que contienen los moldes.
- Activación del sistema de desplazamiento para mover el marco pivote a la posición deseada.
- Activación del sistema de desplazamiento (marco deslizante) para la inserción de la espiga campana.
- Activación de la bomba hidráulica para el llenado de la tubería así como la revisión de posición de las válvulas del sistema bypass hasta llegar a una presión de 74 kPa.
- Activación del sistema de desplazamiento para controlar la posición del pistón aplicador de carga de acuerdo a lo que indica la norma.
- Activación de la bomba y la válvula del pistón aplicador de carga para lograr un deflexión del 5% del diámetro del tubo.
- Activación de la bomba y de las válvulas que controlan la desalineación de la tubería a probar el cual deberá ser de 3 grados en ambos sentidos.
- Activación de la bomba y la válvula del pistón aplicador de carga para retraerlo a la posición inicial de operación.
- Activación de la bomba y de las válvulas que controlan la desalineación de la tubería a probar para ponerlo en su posición inicial (0 grados).
- Activación de la bomba hidráulica para descargar de agua la tubería así como la revisión de posición de las válvulas del sistema bypass.
- Activación del sistema de vacío para someter a la tubería a una presión de -74kp (22 pulg de mercurio).
- Descarga de aire de las cámaras.
- Activación del sistema de desplazamiento (marco deslizante) para desmontar el arreglo espiga-campana del equipo.
- Activación de la bomba y las válvulas de los pistones que llevan apoyos para colocarlos a su posición inicial.

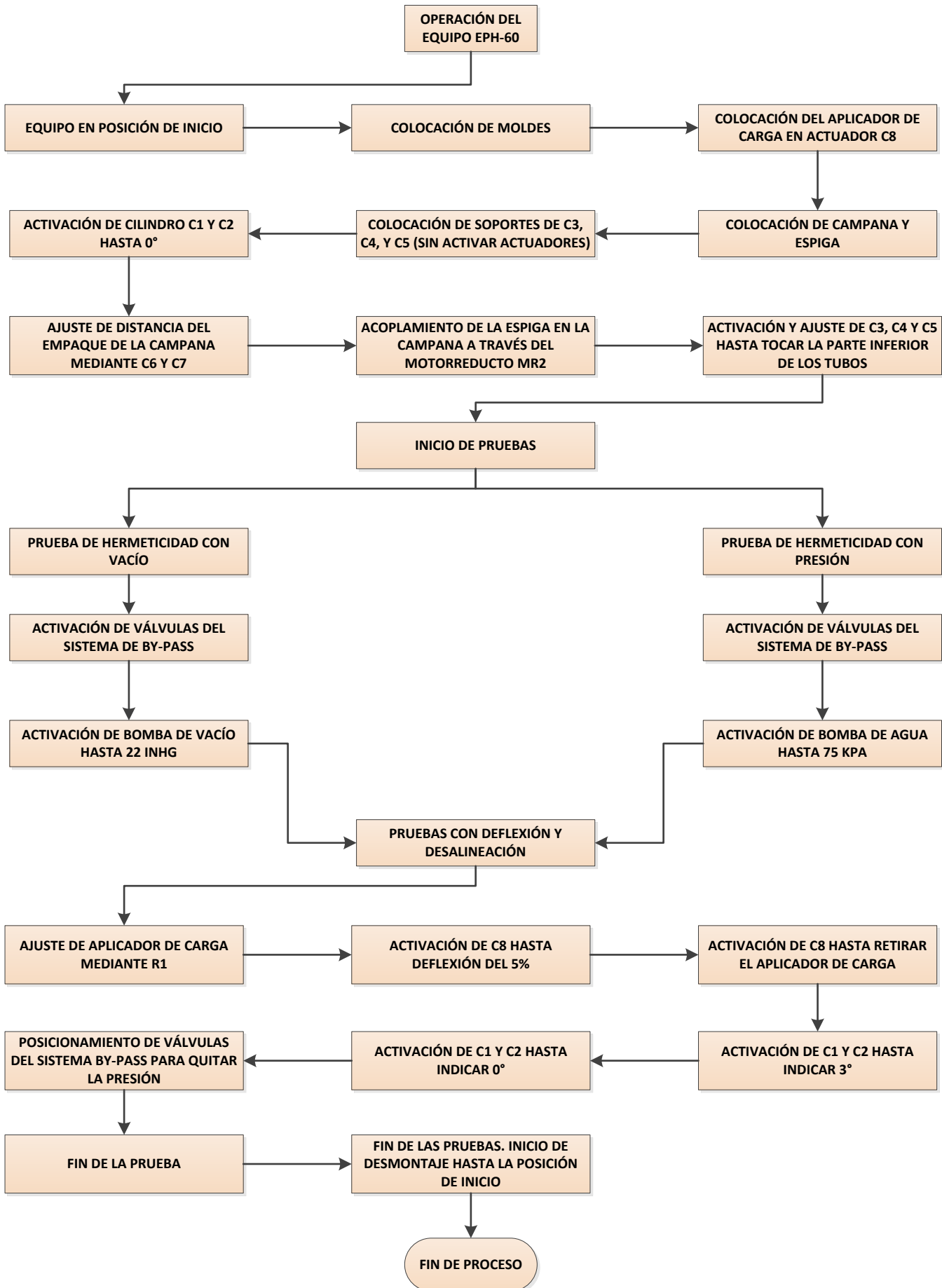
Cada una de las actividades antes mencionadas fue realizada en varias ocasiones para el ajuste de los sistemas; sin considerar estas como una prueba real, ya que los tramos de tubería fueron utilizados en varias ocasiones.

En base a las pruebas realizadas se encontraron algunas fallas en el sistema de vacío ya que no se alcanzaban las 22 pulg de mercurio que indica la norma, por lo que fue necesario reemplazar la bomba de vacío, que era de una sola etapa, por una de doble etapa. Así mismo, fue necesario instalar una serie de dispositivos auxiliares tales como: una bomba de agua que alimenta el "anillo líquido" de la bomba de vacío y algunas conexiones especiales para formar el circuito que permite lograr el vacío en el tubo montado. Dichas falla fue corregida para poder realizar pruebas preliminares al prototipo.

Diagrama de proceso.

Con la finalidad de poder realizar de manera adecuada las pruebas de hermeticidad en los equipos diseñados se tuvo que desarrollar un diagrama de proceso que contara con información suficiente tanto para la operación de los sistemas como de las pruebas a las que serían sometidas las tuberías. Dicho diagrama muestra los procedimientos a seguir desde la posición de inicio del equipo hasta la terminación de las pruebas que indica la norma ASTM D-3212. A continuación se presenta el diagrama en cuestión.

DIAGRAMA DE PROCESO DEL EQUIPO DE HERMETICIDAD EPH-60



Una vez realizados los ajustes a los sistemas y las pruebas de operación de los sistemas se inició con la realización de las pruebas de hermeticidad en base al diagrama de proceso desarrollado. A continuación se presentan las pruebas realizadas en ambos equipos.

Las pruebas se realizaron bajo el siguiente orden: 1) Pruebas de vacío; prueba en posición horizontal, en posición horizontal y con deflexión, y por último con desalineación, 2) Pruebas de presión; prueba en posición horizontal, en posición horizontal y con deflexión, y por último con desalineación. El vacío fue a 17.7 inHg y la presión fue a 10.8 psi.

Tabla 4.1. Pruebas de hermeticidad realizadas con el equipo EPH-60 a tubería de 60 pulg de diámetro.

No. De prueba	Tipo de prueba	Duración de prueba	Evaluación
1	Presión positiva a 74 kPa.	10 minutos	Positiva
2	Presión positiva aplicando una deflexión del 5 % del diámetro exterior del tubo	10 minutos	Positiva
3	Presión positiva aplicando una desalineación de ± 3 o respecto al mismo eje	10 minutos	Positiva
4	Prueba de presión negativa a -74 kPa (22 inHg)	10 minutos	Positiva
5	Prueba de presión negativa aplicando una deflexión del 5 % del diámetro exterior del tubo	10 minutos	Positiva
6	Prueba de presión negativa aplicando una desalineación de ± 3 o respecto al mismo eje	10 minutos	Positiva

Tabla 4.2. Pruebas de hermeticidad realizadas con el equipo EPH-24 con tubería de 24 pulg de diámetro.

No. De prueba	Tipo de prueba	Duración de prueba	Evaluación
1	Presión positiva a 74 kPa.	10 minutos	Positiva
2	Presión positiva aplicando una deflexión del 5 % del diámetro exterior del tubo	10 minutos	Positiva
3	Presión positiva aplicando una desalineación de ± 3 o respecto al mismo eje	10 minutos	Positiva
4	Prueba de presión negativa a -74 kPa (22 inHg)	10 minutos	Positiva
5	Prueba de presión negativa aplicando una deflexión del 5 % del diámetro exterior del tubo	10 minutos	Positiva
6	Prueba de presión negativa aplicando una desalineación de ± 3 o respecto al mismo eje	10 minutos	Positiva

Como se puede apreciar las pruebas realizadas tanto en el equipo de hermeticidad EPH-60 como en el equipo de hermeticidad EPH-24 cumplieron satisfactoriamente con las especificaciones que indica la norma ASTM D-3212 para realizar pruebas de hermeticidad a tuberías plásticas con sistema de unión espiga-campana.

Otras pruebas.

Tabla 4.3. Diámetro de 48 pulg.

	Presión (psi)	Vacío (inHg)	Resultado
Posición horizontal	10.8	17.7	Aprobado
Posición horizontal con deflexión al 5 %	10.8	17.7	Aprobado
Desalineación a 1.5 grados	10.8	17.7	Aprobado

Tabla 4.4. Diámetro de 36 pulg.

	Presión (psi)	Vacío (inHg)	Resultado
Posición horizontal	10.8	17.7	Aprobado
Posición horizontal con deflexión al 5 %	10.8	17.7	Aprobado
Desalineación a 1.5 grados	10.8	17.7	Aprobado

Tabla 4.5. Diámetro de 24 pulg.

	Presión (psi)	Vacío (inHg)	Resultado
Posición horizontal	10.8	17.7	Aprobado
Posición horizontal con deflexión al 5 %	10.8	17.7	Aprobado
Desalineación a 1.5 grados	10.8	17.7	Aprobado

Tabla 4.6. Diámetro de 12 pulg.

	Presión (psi)	Vacío (inHg)	Resultado
Posición horizontal	10.8	17.7	Aprobado
Posición horizontal con deflexión al 5 %	10.8	17.7	Aprobado
Desalineación a 2 grados	10.8	17.7	Aprobado



Figura 4.74. Tubería de 48 pulg sometida a las pruebas de hermeticidad.



Figura 4.75. Prueba de hermeticidad a tubería de 24 pulg.



Figura 4.76. Prueba de hermeticidad a tubería de 36 pulg.



Figura 4.77. Muestra a tubería de 12 pulg.



Figura 4.78. Colocación de probetas de 60 pulg en el equipo EPH-60.



Figuras 4.79. Colocación de probetas de 60 pulg en el equipo EPH-60.



Figura 4.80. Imagen tomada de la unión de 60 pulg durante la prueba de vacío.



DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

CONCLUSIONES

El trabajo realizado nos permitió:

- a) Diseñar dos equipos que permiten realizar pruebas de hermeticidad a tuberías plásticas que utilizan un sistema de unión de tipo espiga-campana, según la norma ASTM D-3212. Uno de los equipos permite realizar pruebas a tubos cuyos diámetros van de 2 a 24 pulg, mientras que el segundo equipo permite realizar pruebas a tubos de 30 a 60 pulg de diámetro.
- b) Los equipos diseñados pueden ser operados por un solo operario y el tiempo de ejecución de una prueba resultó ser de alrededor de 2 horas.
- c) Los equipos diseñados permiten ser automatizados, con el fin de evitar riesgos a los operarios.
- d) Se supervisó la construcción e instalación de un juego de equipos dentro de una de las plantas de la empresa patrocinadora. En esta etapa se realizaron algunos ajustes necesarios para la correcta operación de los equipos.
- e) Se realizaron pruebas de puesta en marcha de los equipos, las cuales mostraron una operación eficiente de los mismos.

En suma, se puede asegurar que se desarrolló tecnología en equipos industriales para la realización de pruebas de hermeticidad que no existía en México.

TRABAJO FUTURO

Dada la importancia que tiene la hermeticidad de tuberías que emplean el sistema de unión de tipo espiga-campana, se propone la realización de un estudio específico que evalúe las condiciones a las que es sometido un tubo al realizar las pruebas correspondientes. Lo anterior nos permitiría, en un futuro mediano, proponer mejoras a los equipos y/o participar en la actualización de las normas correspondientes tanto nacionales como extranjeras.



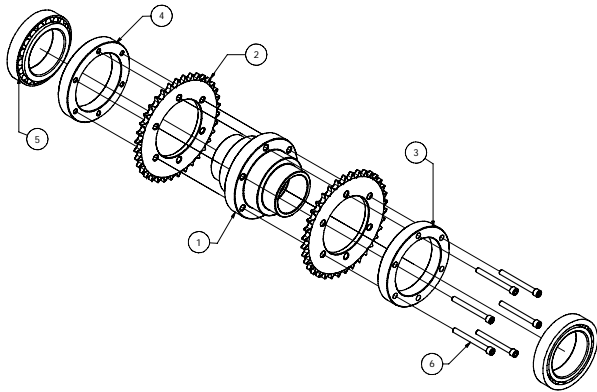
ANEXOS



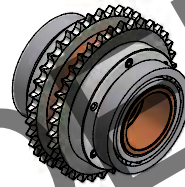
ANEXO A. PLANOS DE ENSAMBLE DEL EQUIPO EPH- 24.

Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACIÓN
1	1	Tuerca Acme de 2a-116	Plano 11
2	2	Chain Type 40-36 dientes	Plano 11
3	1	brida de 2a	Plano 11
4	1	brida de 2b	Plano 11
5	2	Rodamiento SKF 32013 X	Rodamientos de rodillos cónicos de una hilera SKF
6	6	Tornillo allen 1.4-2.5-UNF	Hexagon Socket Head Cap Screw

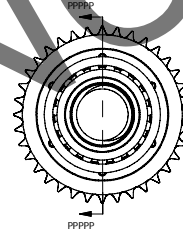
Orden de ensamble		
Paso	Ensamblar	Nota
1	2,4 y 3 con 1	Arreglo de tornillería a utilizar
2	5 con 1	5 entra a presión con 1



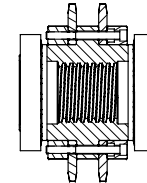
SCALE 1/3
 Ensamble: ensamble conjunto acme de 2a
 Número de ensambles: 1



SCALE 1/2



PPPPP



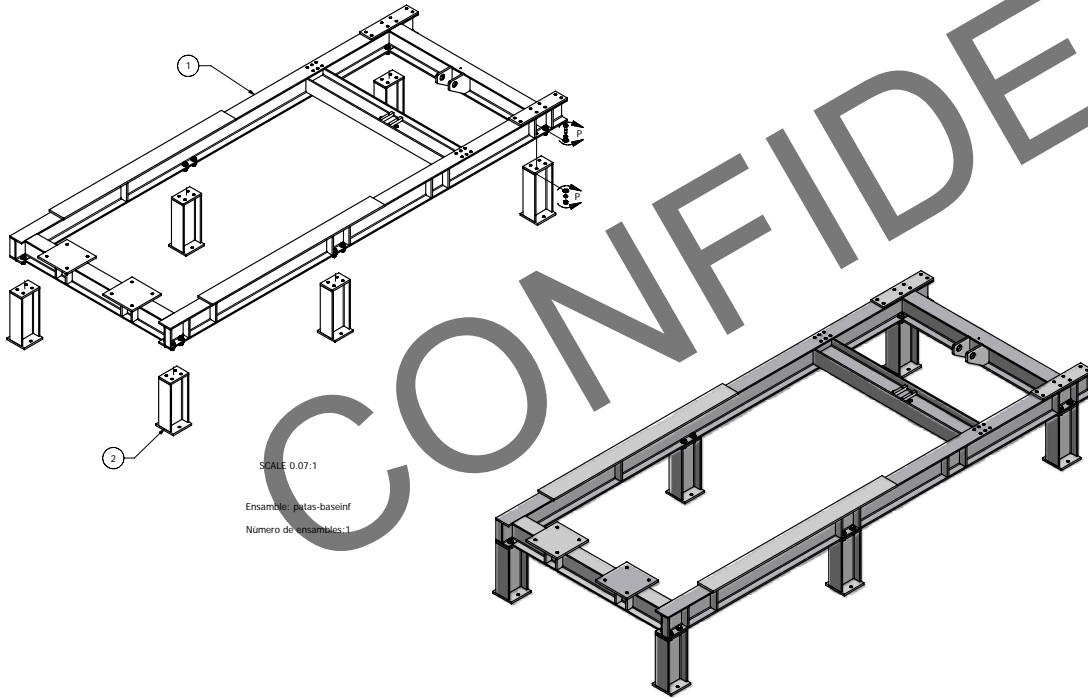
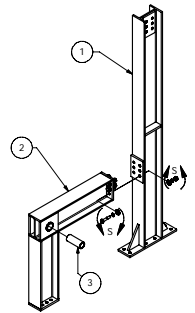
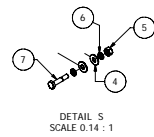
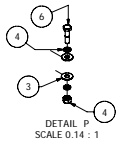
SECTION P-PPPP-PPPPP
 SCALE 1/2

Parts List			
COMPONENTE	NUMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	Base inferior ch	Plano 16
2	6	Ensamble pata	Plano 22
3	48	Roldana estructural F-436	Washer A
4	24	Tuerca estructural 2H	Heavy Hex Nut
5	48	Arandela de presion 0.5	
6	24	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2"	
		ASTM-A-325 ó A-490	

Parts List			
COMPONENTE	NUMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	Columna pivote der ch	Plano 22
2	1	Brazo pivote ch	Plano 19
3	1	Buje piv este bronce-14	Plano 3
4	12	Roldana estructural F-436	Washer A
5	6	Tuerca estructural 2H	Heavy Hex Nut
6	12	Arandela de presion 0.5	
7	6	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.75"	
		ASTM-A-325 ó A-490	

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	1 con 2		P

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	3 con 2		insertar el buje a presión
2	1 con 2	S	



SCALE 0.07 : 1

Proyecto:	Equipo de hermeticidad EPH-24		
Pieza:	# de piezas:		
material:	Acero 1018	hoja:	910 x 610 mm
acot: pulgadas - (mm)	escala:	fecha:	5/01/2009
Diseño:	Llanito Patiño José Juan Rojo Vitoria Raul		
Dibujo:	Martinez Mendoza Arturo A. Resendiz Rodea Carlos		
Reviso:	M en I Jacinto Cortés Pérez		
Autorizo:	Francisco Medina Correa Roberto Cornejo Treviño Manuel Gonzalez Gonzalez		



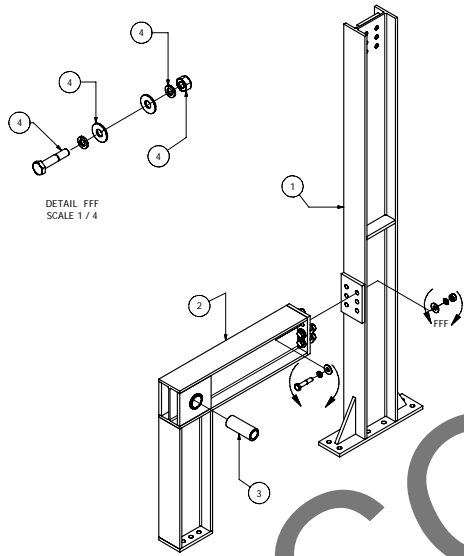
Revisiones:

Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACIÓN
1	1	Columna pivote liz ch	Plano 22
2	1	Brazo pivote ch	Plano 19
3	1	bujes piv esc bronce	Plano 3
4	1	Roldana estructural F-436	Washer A
5	1	Tuerca estructural 2H	Heavy Hex Nut
6	1	Arandela de presión 0.5	
7	1	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.75" ASTM-A-325 o A-490	

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	3 con 2		insertar el buje a presión
2	1 con 2	FFF	

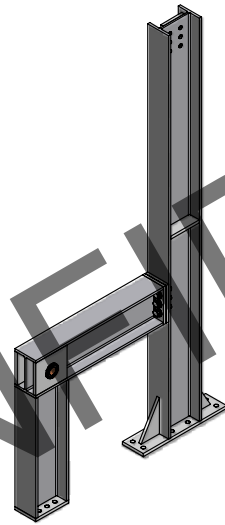
Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACIÓN
1	2	laterales 3, 4, 3B	Plano 7
2	1	placa Ch 3, 4, 3A	Plano 7
3	12	Tornillo allen con cabeza plana 7/16-20 UNF-1.75"	Hexagon Socket Flat Countersunk Head Cap Screw

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	1 con 2	Utilizar 3	

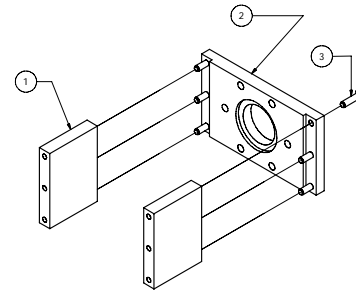


DETAIL FFF
SCALE 1 / 4

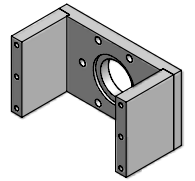
SCALE 1 / 8
Ensamble: columna-brazopiv
Número de ensambles: 1



SCALE 1 / 8



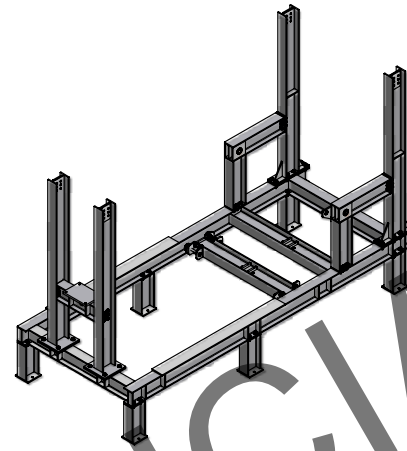
SCALE 1 / 4
Ensamble: ensamble a caja acme
3,4
Número de ensambles: 2



SCALE 1 / 4

Parts List			
COMPONENTE	NUMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	patas-baseinf	Plano 31
2	1	Soport desl	Plano 21
3	4	ensamble rodamiento soportes	Plano 33
4	2	columna deslizante ch	Plano 26
5	1	columna-brazopder	Plano 31
6	1	columna-brazopizq	Plano 32
7	1	soportemotorreduc	Plano 20
8	16	Tornillo estructural 1/2-13 UNC-2", ASTM-A-325 o A-490	
9	16	Arandela de presión 0.5	
10	32	Roldana estructural F-436	
11	16	Tuerca estructural 2H	
12	12	Tornillo estructural 1/2-13 UNC-2", ASTM-A-325 o A-490	
13	12	Arandela de presión 0.5	
14	24	Roldana estructural F-436	
15	12	Tuerca estructural 2H	
16	12	Tornillo estructural 1/2-13 UNC-2", ASTM-A-325 o A-490	
17	24	Arandela de presión 0.5	
18	24	Roldana estructural F-436	
19	12	Tuerca estructural 2H	
20	16	Tornillo estructural 3/8-16 UNC-1.75", ASTM-A-449, Grado 5	
21	32	Arandela de presión 0.375	
22	32	Roldana estructural F-436	
23	16	Tuerca estructural 2H	
24	12	Tornillo estructural 1/2-13 UNC-2", ASTM-A-325 o A-490	
25	12	Arandela de presión 0.5	
26	24	Roldana estructural F-436	
27	12	Tuerca estructural 2H	

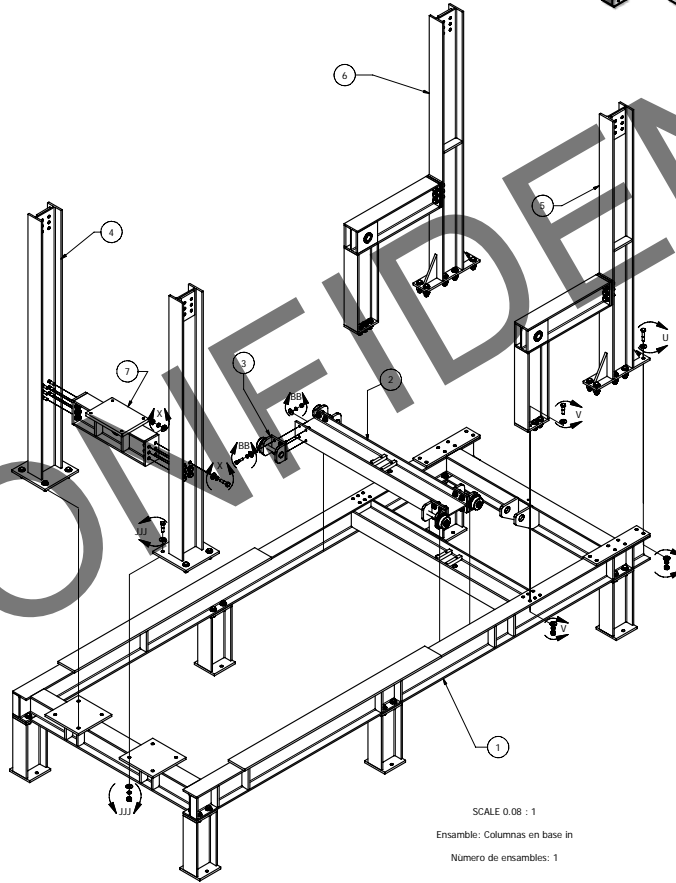
Orden de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	7 con 4	X	11 lleva una placa en donde se colocara la caja de catarinas, esta debe ir orientada hacia el interior de la estructura
2	4 con 1	JJJ	
3	6 y 5 con 1	U y V	Ocupar V donde hay un arreglo de 6 barrenos y ocupar U donde hay uno de ocho barrenos
4	3 con 2	BB	Unir un par de 3 en un extremo de 2 para facilitar la colocación en 1
5	2 con 1		Los rodamientos deben colocarse en el riel y posteriormente colocar el otro par de 7. Debe rodar libremente



SCALE 1/20

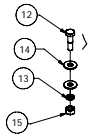
Parts List			
COMPONENTE	NUMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	Ensamble rodamiento soportes1	Plano 21
2	1	pernos para rodamientos-30	Plano 3
3	1	rueda soportes-81	Plano 7
4	1	zz-buje-33	Plano 3
5	1	anillo de retención interno48-47	Spring Retaining Ring
6	1	tuerca con corona 1_2-UNF	Tuerca dura ranurada hex
7	1	0.5	Helical Spring Lock Washer
8	1	0.5-1.062	Washer A
9	1	rodamiento 20_47	Bearing SKF 6204
10	1	ANSI B18.8.1 - 3/32 x 1 Tipo punta extendida	Ejes de articulación y pasadores de aletas - Tipo punta extendida (Pulgadas) - Pasador de aletas

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1		2 llega a tope
1	5, 6, 3, 9 y 8 con 2		
1	7 y 4 con 2		

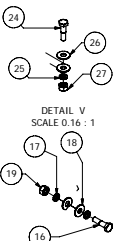


SCALE 0.08 : 1

Ensamble: Columnas en base in
Número de ensambles: 1



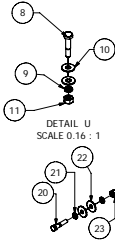
DETAIL JJJ
SCALE 0.16 : 1



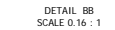
DETAIL V
SCALE 0.16 : 1



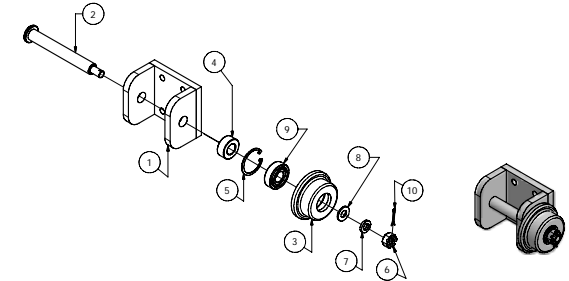
DETAIL X
SCALE 0.16 : 1



DETAIL U
SCALE 0.16 : 1



DETAIL BB
SCALE 0.16 : 1



Ensamble: ensamble rodamiento soportes
Número de ensambles: 4

SCALE 1 / 4

Parts List			
COMPONENTE	NUMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	columnas en base in	Plano 33
2	1	ensamble a caja acme 3,4	Plano 30
3	1	ensamble conjunto acme de 2a	Plano 30
4	2	tornillo acme de 2-73	Plano 6
5	2	seguro pivote-102	Plano 8
6	2	perno pivote-68	Plano 6
7	2	arandela de presion 0.5	Helical Spring Lock Washer
8	1	Placa pivote	Plano 25
9	2	arandela tipoA 0.5-1.375C	Washer A
10	4	arandela tipoA 0.5-1.375C	Washer A
11	4	arandela de presion 0.5	Helical Spring Lock Washer
12	6	Tornillo hexagonal 1,2-20 UNF-1.75", ASTM-A-449 (Grado 5)	Hex Cap Screw
13	6	ANSI B18.3 - 7/16-20 UNF x 1.75	Tornillo de cabeza hueca plana avellanada hexagonal
14	4	SAE J487a - 3/32 x 1/2 Tipo punta extendida	Pasador - de clavija
15	1	Placa caja frontal 3,4-83	Plano 7

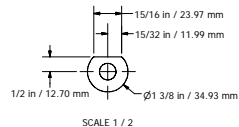
Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	2 con 1	DL y DD	DL se utiliza para el par de barrenos superiores los otros dos pares utilizan DD
2	3 con 4 con 2		Recorrer 4 lo suficiente para colocar el marco que desliza
3	15 con 2	13	
4	8 con 1		ver detalle EE
5	6 con 8 y 1		
6	5 con 6		
7	14 con 5		

Parts List			
COMPONENTE	NUMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	Marco deslizar roda	Plano 36
2	4	tornillo allen 1/2-20 UNF-3", ASTM-A-449 (Grado 5)	Hexagon Socket Head Cap Screw
3	1	tornillo acme de 2-73	Plano 6
4	2	zz-contra sujecion dos-66	Plano 6

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	3 con 1		Recorrer el tornillo hasta que pegue con el marco de tal manera que quede bien colocado 4 en el paso 2
2	4 con 1 y 3	2	

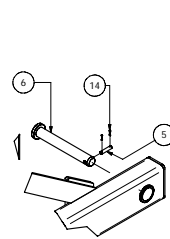
Parts List			
COMPONENTE	NUMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
2	1	Placa pivote 2	
3	4	enrodamarcoes	
4	8	Bearing RLS 8	Bearing RLS 8
5	4	bujes deslizar-42	Plano 4
6	8	arandela tipo B 1-1.75	Washer B
7	4	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - 3 pin	Washer A
8	4	0.5	Helical Spring Lock Washer
9	4	Tuerca con corona 1,2-UNF 0.5625-0.125x1.125	Tuerca dura ranurada hex S&H Pin
10	1		

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	6,3,5 y 4 con 2		
2	7,8,9 y 10 con 4		
3	2 con 1		2 debe de ir sobre las soleras

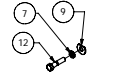


SCALE 1 / 2
Detalle: 1aa

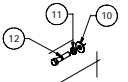
Para los dos arreglos superiores, para los demas arreglos no lleva corte.



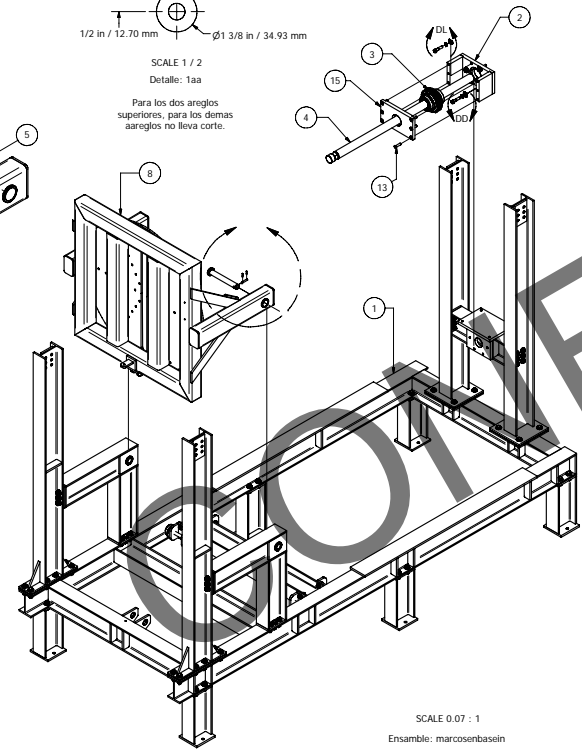
DETAIL EE
SCALE 0.14 : 1



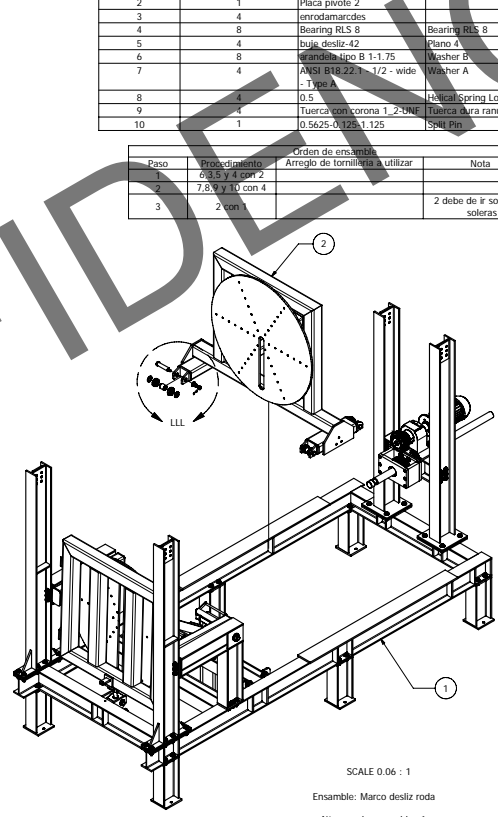
DETAIL DL
SCALE 0.14 : 1



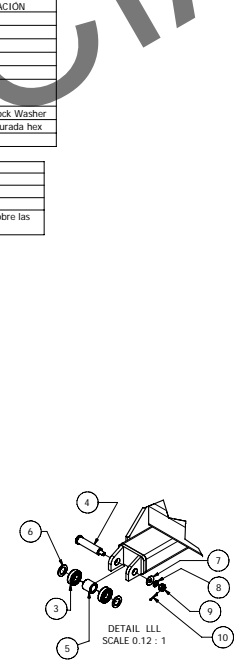
DETAIL DD
SCALE 0.14 : 1



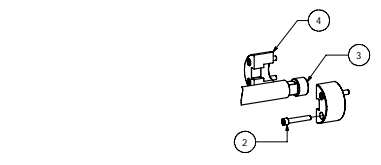
SCALE 0.07 : 1
Ensamble: marcosenbasein
Número de ensamble: 1



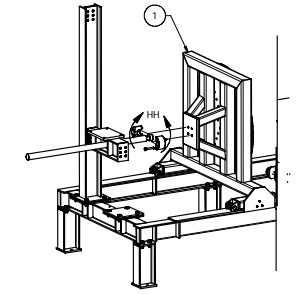
SCALE 0.06 : 1
Ensamble: Marco deslizar roda
Número de ensamble: 1



DETAIL LLL
SCALE 0.12 : 1



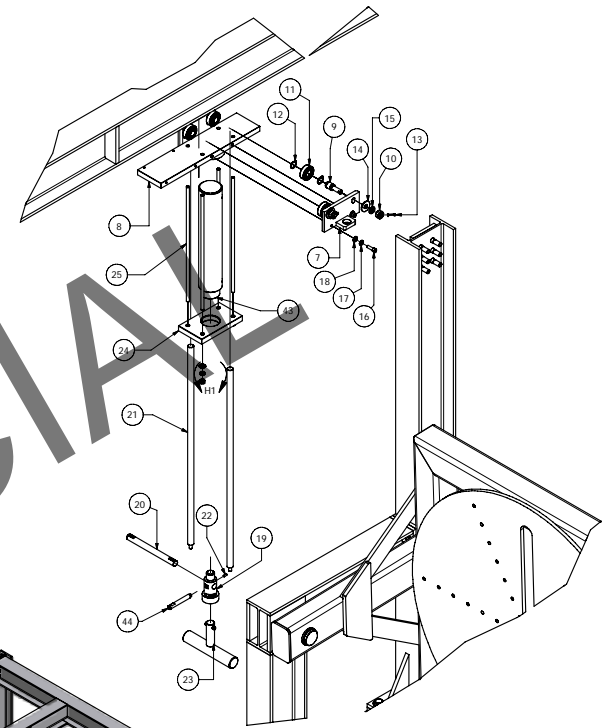
DETAIL HH
SCALE 0.15 : 1



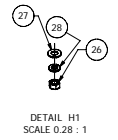
SCALE 0.05 : 1
Tornillo de 2 en marcoses
Número de ensamble: 1

Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	marcosobasein	Plano 34
2	1	base superior ch	Plano 23
3	48	ANSI B18.22.1 - 1/2 - Anchura - Tipo A	Arandela plana (Pulgada) Tipo A y B
4	24	tuercas 1.2-1.25UNC	Heavy Hex Nut
5	24	Tornillo 1/2-13 UNC-2.5", ASTM-A-325 o A-490	Heavy Hex Structural Bolt-UNC (Regular Thread- inch)
6	24	arandela de presión 0.5	Helical Spring Lock Washer
7	2	arreglalach	Plano 24
8	1	arreglach	Plano 24
9	4	perno rod cil carga-35	Plano 3
10	4	tuercas con corona 1.2-UNF	Tuerca dura ranurada hex
11	4	rodamiento 20_47	Bearing SKF 6204
12	8	anillo de retención externo 19.05-20	Spring Retaining Ring
13	4	ANSI B18.8.1 0.12x0.87	Coller Pins 0.12x0.87 ANSI B18.8.1
14	4	ANSI B18.22.1 - 1/2 - Anchura - Tipo A	Arandela plana (Pulgada) Tipo A y B
15	4	0.5	Helical Spring Lock Washer
16	4	Tornillo Allen-5/16-28 UNF 1", ASTM-A-449 (Grado 5)	Hexagonal Socket head cap screw
17	4	0.3125	Helical Spring Lock Washer
18	4	0.3125-0.688	Washer A
19	1	arregl	Plano 27
20	1	brazo guía-44	Plano 4
21	2	guías carga-45	Plano 4
22	1	prisionero #10-32 UNF-0.45"	Hexagon Socket Set Screw - Flat Point
23	1 con bayoneta 24 de 4" y 1 con bayoneta 24 de 11"	arregcarga	Plano 26
24	1	placa cil RR-1010-46	Plano 4
25	4	espárrago cil-86	Plano 7
26	4	3.8 UNF	Hex Nut
27	4	arandela 0.375-0.812	Washer A
28	4	arandela de presión 0.375	Helical Spring Lock Washer
29	1	Placa reductor directo-96	Plano 8
30	4	ANSI B18.22.1 - 1/2 - Anchura - Tipo A	Arandela plana (Pulgada) Tipo A y B
31	4	arandela de presión 0.5	Helical Spring Lock Washer
32	4	Tornillo hexagonal 1/2-20 UNF-1.25", ASTM-4-449 (Grado 5)	Type B - Hexagonal Socket Set Screw - Cup Point
33	1	Motorreductor 3/4HP	
34	2	Chain Type 40-36 dientes-115	Plano 11
35	1	brida de 2a-113	Plano 11
36	1	brida de 2b-114	Plano 11
37	6	Tornillo hexagonal 1/2-20 UNF-1.25", ASTM-4-449 (Grado 5)	
38	1	Tuerca acme de 2aa-117	Plano 11
39	2	#10-32 UNF-0.625"	
40	4	ANSI B18.22.1 - 1/2 - Anchura - Tipo A	Arandela plana (Pulgada) Tipo A y B
41	4	arandela de presión 0.5	Helical Spring Lock Washer
42	4	Tornillo 1.2-1.25-UNF	Heavy Hex Bolt
43	1	RR-1010	Cilindro de potencia
44	1	seguidor lineal eph-24-123	Plano 8

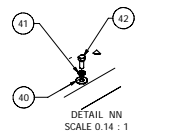
Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1	MM	
2	12 y 11 con 9		
3	9 con 7		
4	14,15,10 y 13 con 9		
5	43 con 8		Orientar las tomas del cilindro como se muestra en el detalle LL a 45 grados sobre el plano horizontal de 24. Asegurarse que 38 quede bien asentado en 8
6	7 con 8		
7	8 con 2	18,17 y 16	
8	24 con 43		
9	25 con 24 y 8	H1	
10	20 con 19	22	
11	19 con 43		
12	21 con 20		
13	23 con 19		
14	44 con 19		
15	29 con 1	PP	
16	36 y 34 con 33		Insertar 36 y 34 (dejando flojas)
17	38 y 39 con 33		Alinear 38 con el arreglo de catarinas ya colocado para posteriormente colocar la cadena
18	34,36 y 34, 35 con 38	37	Ver arreglo en la imagen
19	33 con 29	NN	



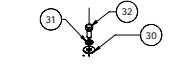
SCALE 0.14 : 1



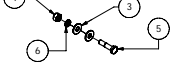
DETAIL H1 SCALE 0.28 : 1



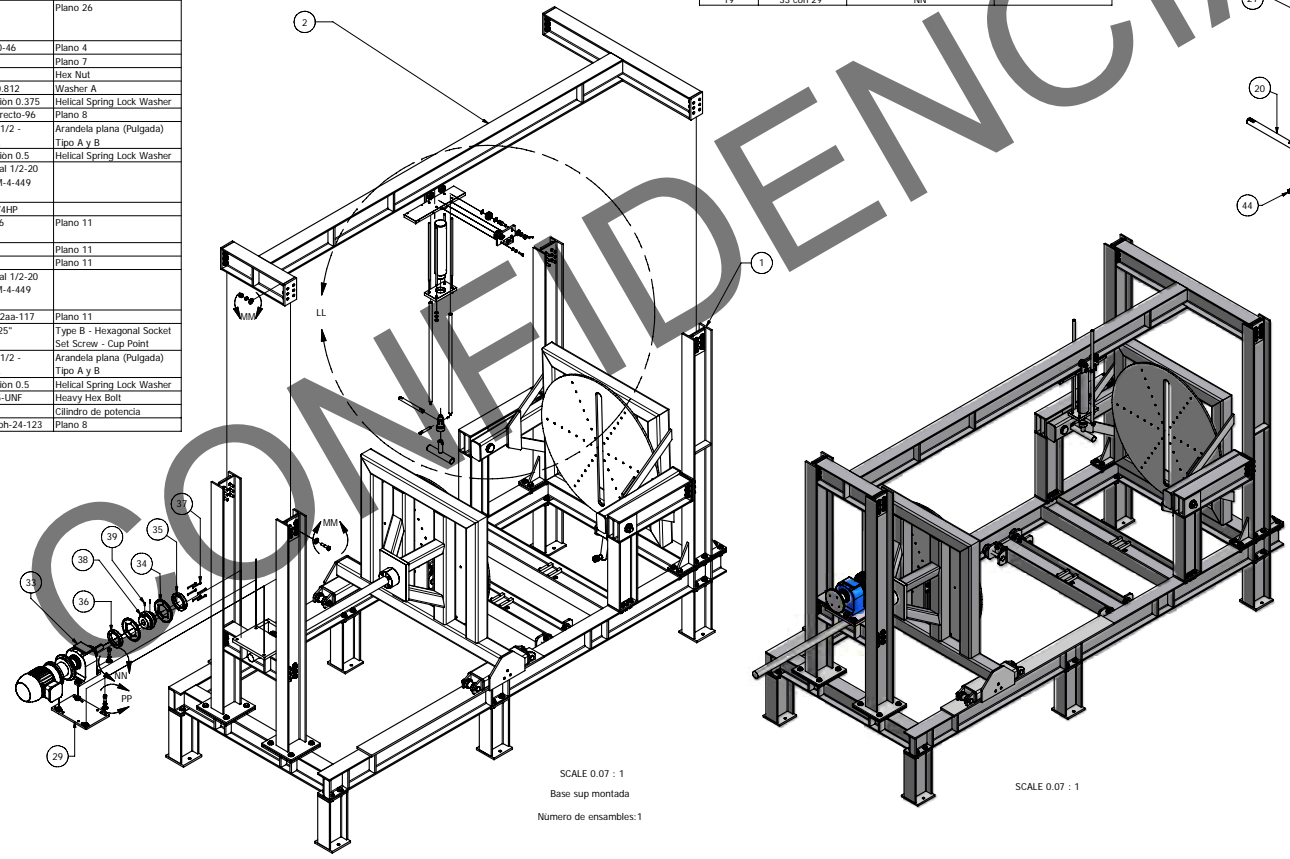
DETAIL NN SCALE 0.14 : 1



DETAIL PP SCALE 0.14 : 1



DETAIL MM SCALE 0.14 : 1



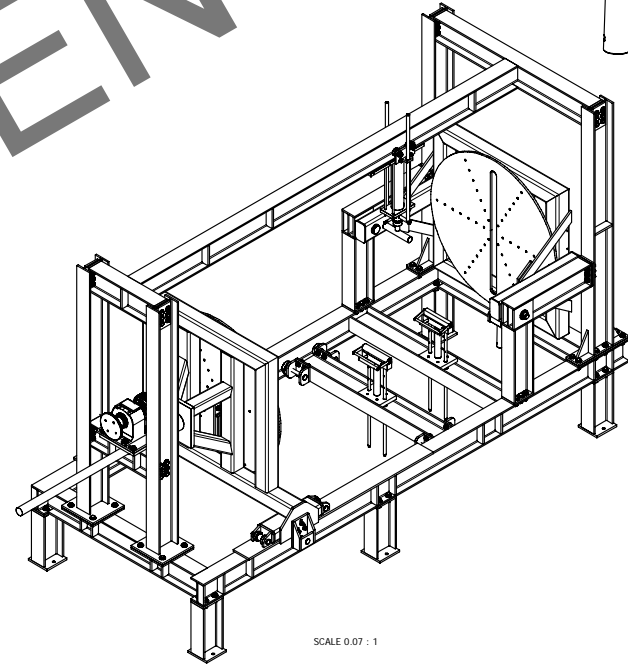
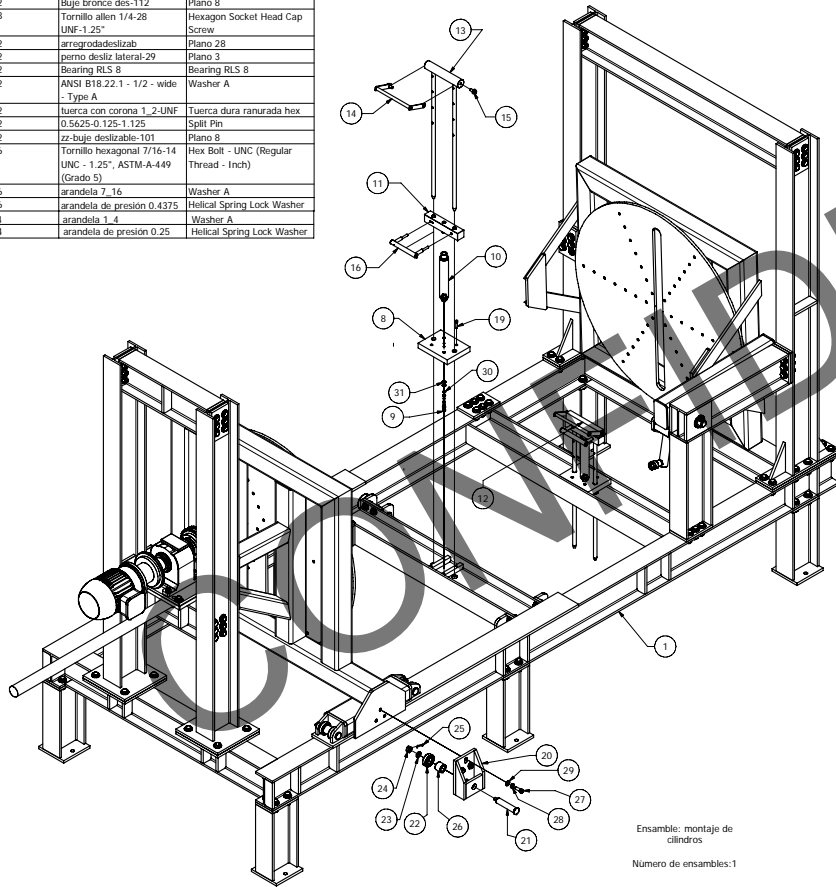
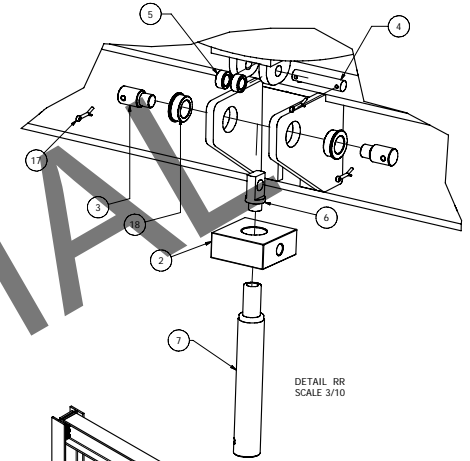
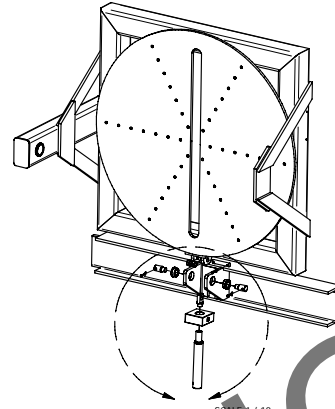
SCALE 0.07 : 1

Base sup montada
Numero de ensambles:1

SCALE 0.07 : 1

Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACION
1	1	base sup montada	Plano 37
2	1	Base cilindro desalineamiento-65	Plano 6
3	2	perno cil pivote-62	Plano 6
4	1	Perno desalin-97	Plano 8
5	2	Separador pivote des-98	Plano 8
6	1	Part5	
7	1	RC-55	
8	2	Base cil RC-55-8	Plano 3
9	4	Tornillo hexagonal 1/4-20 UNC-1.75" ASTM-A-449 (Grado 5)	Hex Bolt - UNC (Regular Thread - Inch)
10	2	RC-55 interiores	
11	2	base extensión-57	Plano 5
12	1	soporte barcu	Plano 26
13	1	soporte cir	Plano 26
14	2	ensamble manija	Plano 26
15	4	Tornillo hexagonal 3/8-16 UNC-3/4" ASTM-A-449 (Grado 5)	Hex Flange Screw - Regular Thread - Inch
16	2	manija	Plano 22
17	2	0.625-0.1875-1	Split Pin
18	2	Buje bronce des-112	Plano 8
19	8	Tornillo allen 1/4-28 UNF-1.25"	Hexagon Socket Head Cap Screw
20	2	arregrodadeslizab	Plano 28
21	2	perno deslz lateral-29	Plano 3
22	2	Bearing RLS 8	Bearing RLS 8
23	2	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	Washer A
24	2	tuerca con corona 1.2-UNF UNF-1.25"	Tuerca dura ramurada hex Split Pin
25	2	0.5625-0.125-1.125	Split Pin
26	2	zz-buje deslizable-101	Plano 8
27	6	Tornillo hexagonal 7/16-14 UNC - 1.25" ASTM-A-449 (Grado 5)	Hex Bolt - UNC (Regular Thread - Inch)
28	6	arandela 7.16	Washer A
29	6	arandela de presion 0.4375	Helical Spring Lock Washer
30	4	arandela 1.4	Washer A
31	4	arandela de presion 0.25	Helical Spring Lock Washer

Orden de ensamble			
Paso	Procedimiento	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	21 con 20		
2	26,22,23,24 y 25 con 21		
3	20 con 1	29,28 y 27	
4	2 con 1, 18 y 3		
5	7 con 6		La toma del cilindro debe apuntar hacia el marco que pivotea
6	6 con 1, 5, 4 y 17		
7	10 con 11		se introduce 10 con 11 y se sujeta 10 con una cadena a 11 para que no salga totalmente
8	10 con 8	9, 30 y 31	La toma del cilindro debe apuntar hacia el marco que pivotea
9	8 con 1	19	
10	13 con 14	15	
11	13 con 11		
12	16 con 11 y 13		
13	Seguir los pasos 7 al 12 utilizando 12 en vez de 11		La toma del cilindro debe apuntar hacia el marco que pivotea

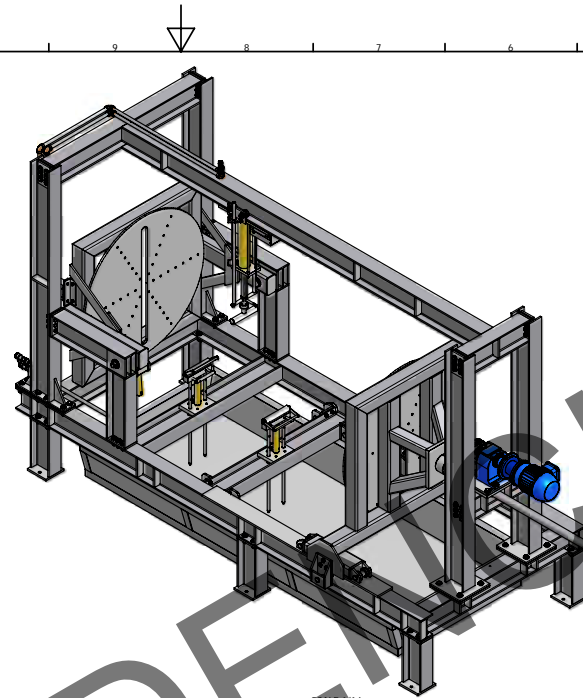
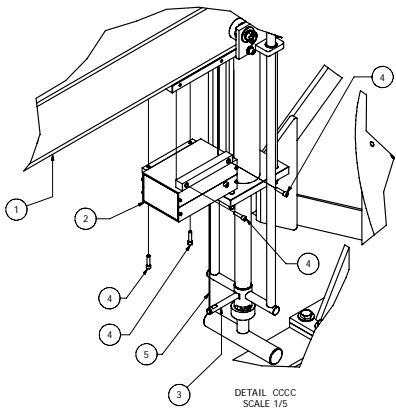


Ensamble: montaje de cilindros
Número de ensambles: 1

SCALE 0.07 : 1

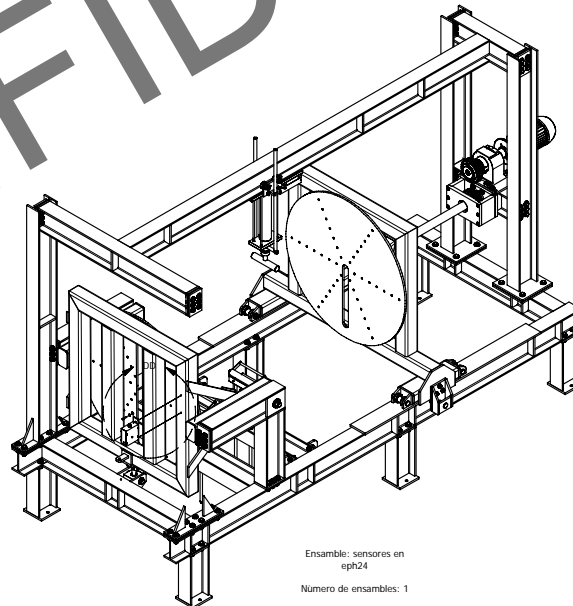
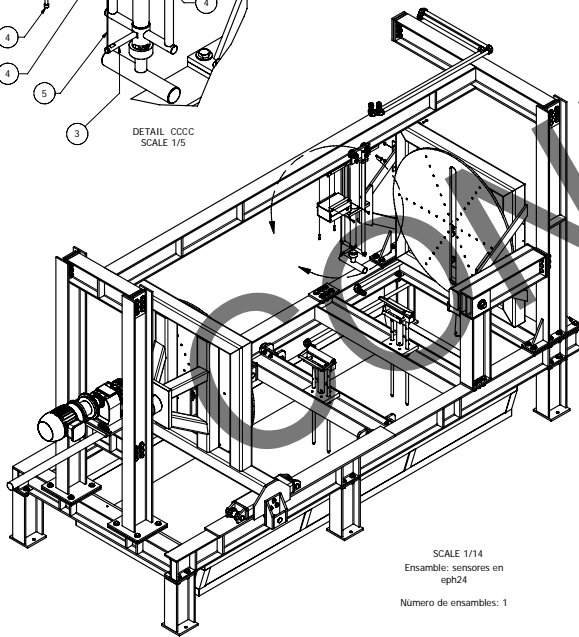
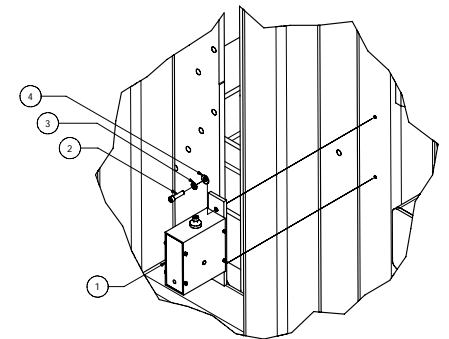
Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACIÓN
1	1	estruct. eph24	
2	1	transductor de desplazamiento	
3	1	seguidor lineal eph24-123	Plano 8
4	4	Tornillo allen 1/4-28 UNF - 1"	Hexagon Socket Head Cap Screw
5	1	cable de sensor lin	

Orden de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1	4	Asegurarse que 4 asiente bien en 2
2	5 con 3		sujetar 5 en la ranura de 3



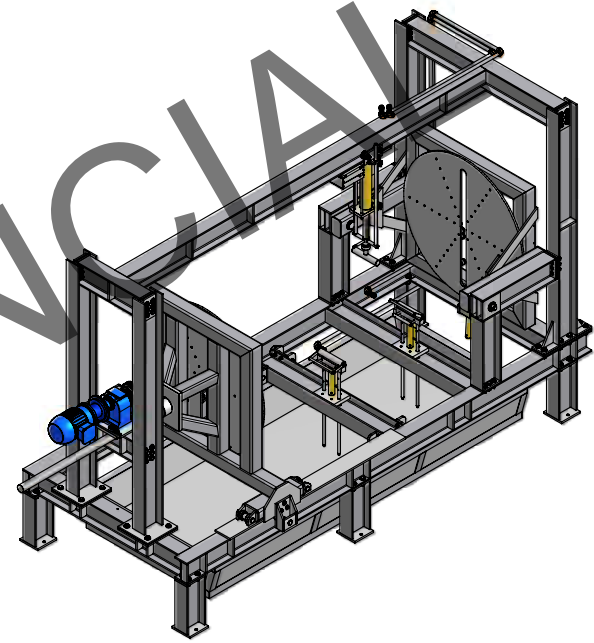
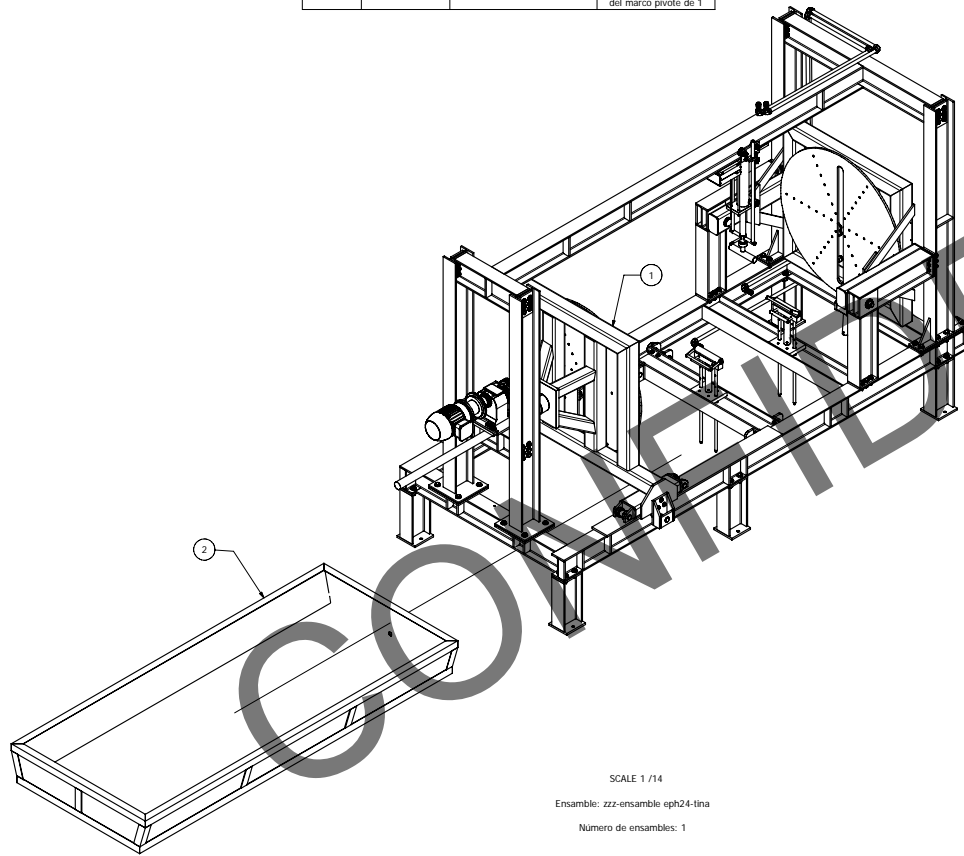
Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACIÓN
1	1	transductor angular	
2	4	Tornillo allen 1/4-28 UNF- 1"	
4	4	ASME B18.21.1 - 1/4 Extra-Duty Carbon Steel	Helical Spring Lock Washer
5	4	ANSI B18.22.1 - 1/4 - narrow - Type A	Washer A

Orden de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	1 con marco	4, 3 y 2	



Parts List			
COMPONENTE	NÚMERO DE PIEZAS	NOMBRE DE PIEZA	LOCALIZACIÓN
1	1	sensores en eph24	Plano 37
2	1	ensamble tina	Plano

Orden de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1		Deslizar 2 bajo 1 de modo que la salida de agua de 2 quede del lado del marco pivote de 1



SCALE 1 /14

SCALE 1 /14

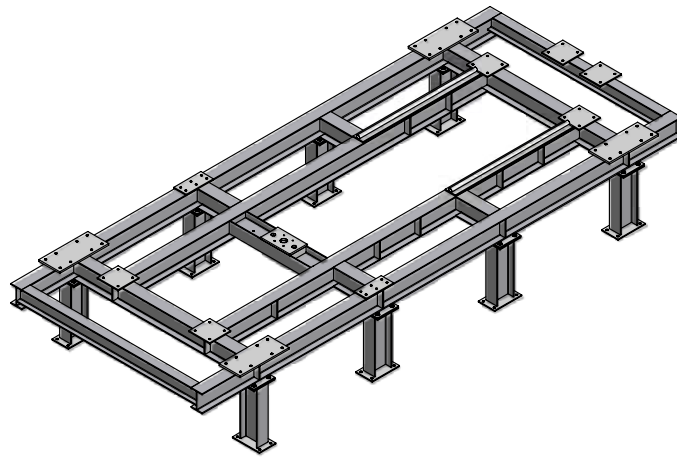
Ensamble: zzz-ensamble eph24-tina

Número de ensambles: 1



ANEXO B. PLANOS DE ENSAMBLE DEL EQUIPO EPH- 60.

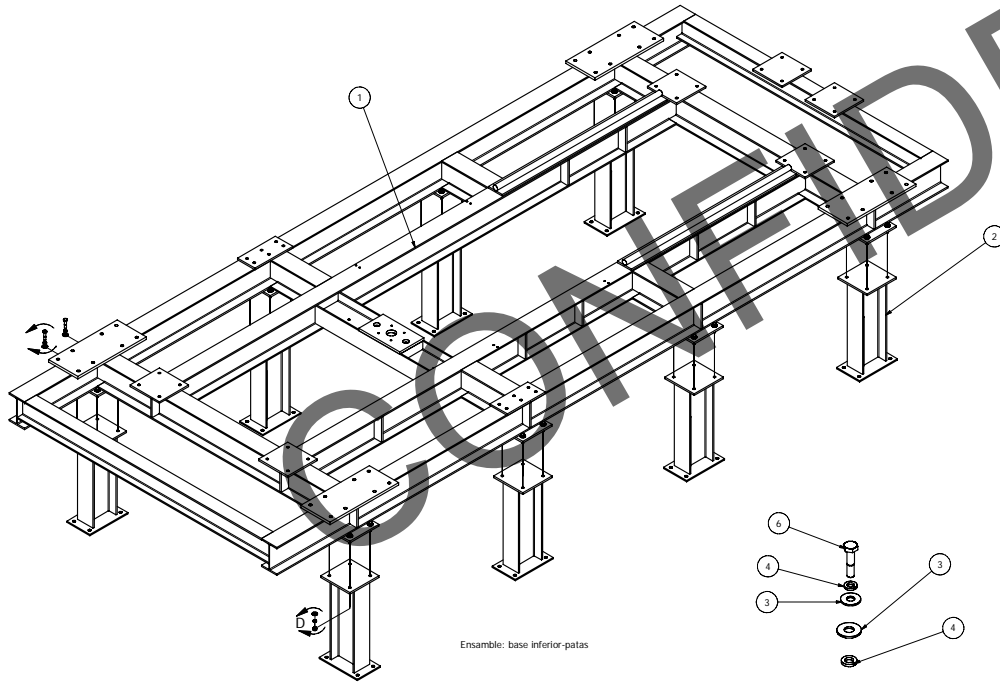
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble base inferior 01	Plano 25
2	8	zz-patas	Plano 32
3	64	Rondana plana ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	Washer A
4	64	Rondana de seguridad 0.5	Helical Spring Lock Washer
5	32	Tuerca hexagonal ANSI B18.2.2 - 1/2 - 13	Heavy Hex Nut
6	32	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5", ASTM-A-325 ó A-490	Heavy Hex Structural Bolt - UNC (Regular Thread - Inch)



Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble columna 6	Plano 33
2	2	zz-caja	Plano 33
3	12	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 1.25	Tornillo Hexagonal Estructural (Bolt - UNC Regular Thread - Inch) ASTM A307
4	12	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	Roldana plana tipo A
5	12	0.5	Roldana de seguridad

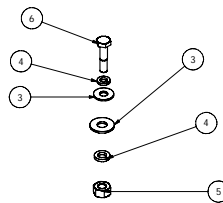
Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	1 con 2	D	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1	C	

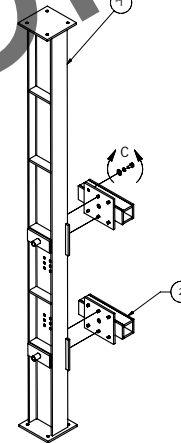


Ensamble: base inferior-patas

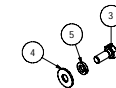
SCALE 0.07 : 1



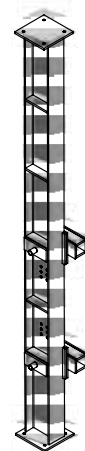
DETAIL D
SCALE 0.30 : 1



SCALE 0.07 : 1



DETAIL C
SCALE 1 / 4



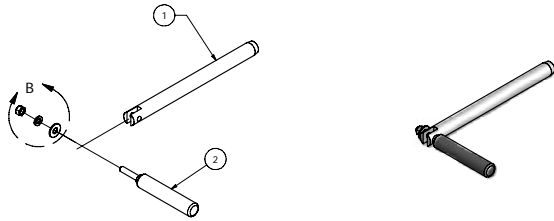
Ensamble: columna 6-caja

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	171zz-perno seguro	Plano 21
2	1	165-zz-mahernal	Plano 21
3	1	0.375-1	Roldana plana tipo A
4	1	ASME B18.21.1 - 3/8 Regular, Carbon Steel	Roldana de seguridad
5	1	3,8-UNF	Tuerca

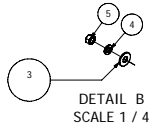
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	columna 6-caja	Plano 49
2	4	zzz-ensamble perno sujecion	Plano 50
3	1	zz-traves carga	Plano 35
4	4B	Roldana plana	
5	4B	Roldana de seguridad	
6	24	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2", ASTM-A-325 o A-490	
7	24	Tuerca hexagonal	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	2 con 1		Checar orientacion como muestra la figura
2	3 con 1	F	Checar orientacion como muestra la figura

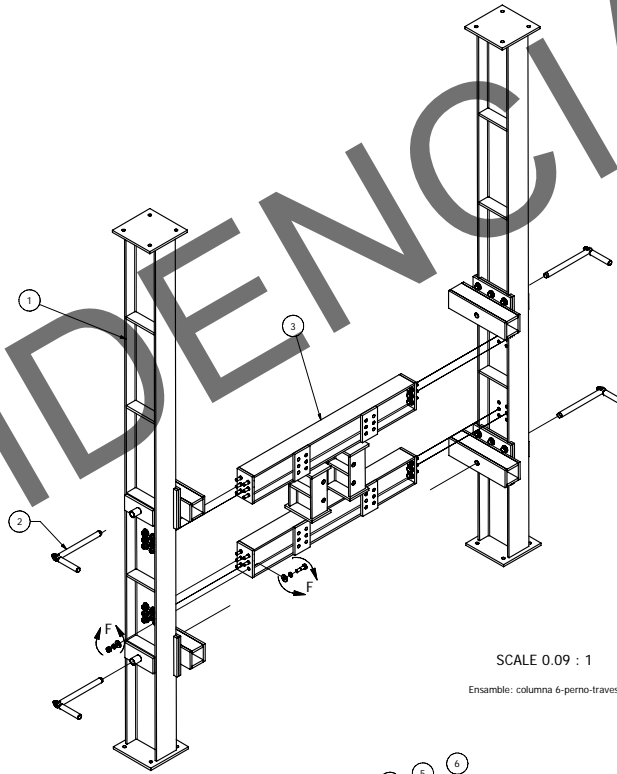
Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	1 con 2	B	Colocar solo en los extremos



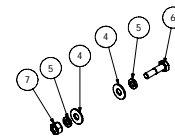
SCALE 1 / 4
Ensamble: zzz-ensamble perno sujecion



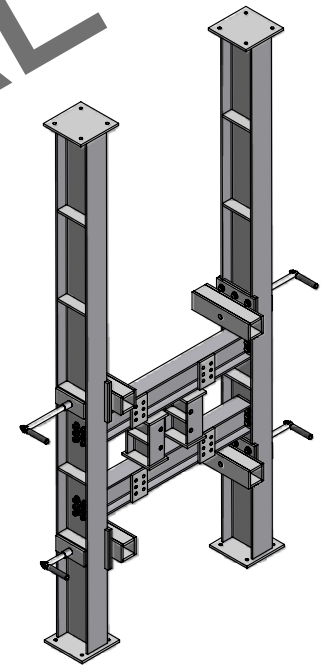
DETAIL B
SCALE 1 / 4



SCALE 0.09 : 1
Ensamble: columna 6-perno-traves



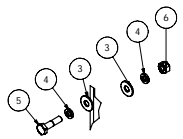
DETAIL F
SCALE 1 / 5



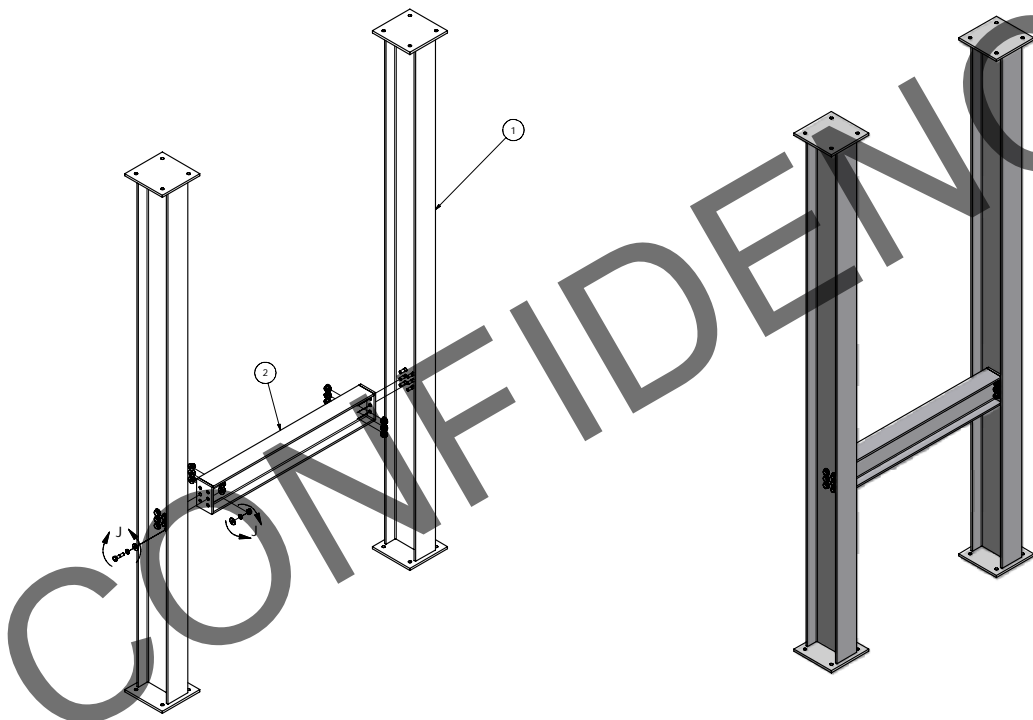
SCALE 0.09 : 1

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	zz-ensamble columna 6 b	Plano 33
2	1	zz-traves cortas	Plano 35
3	24	Rondana plana	
4	24	Rondana de seguridad	
5	12	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2" ASTM-A-325 o A-490	
6	12	Tuerca hexagonal	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1	J	



DETAIL J
SCALE 1 / 5



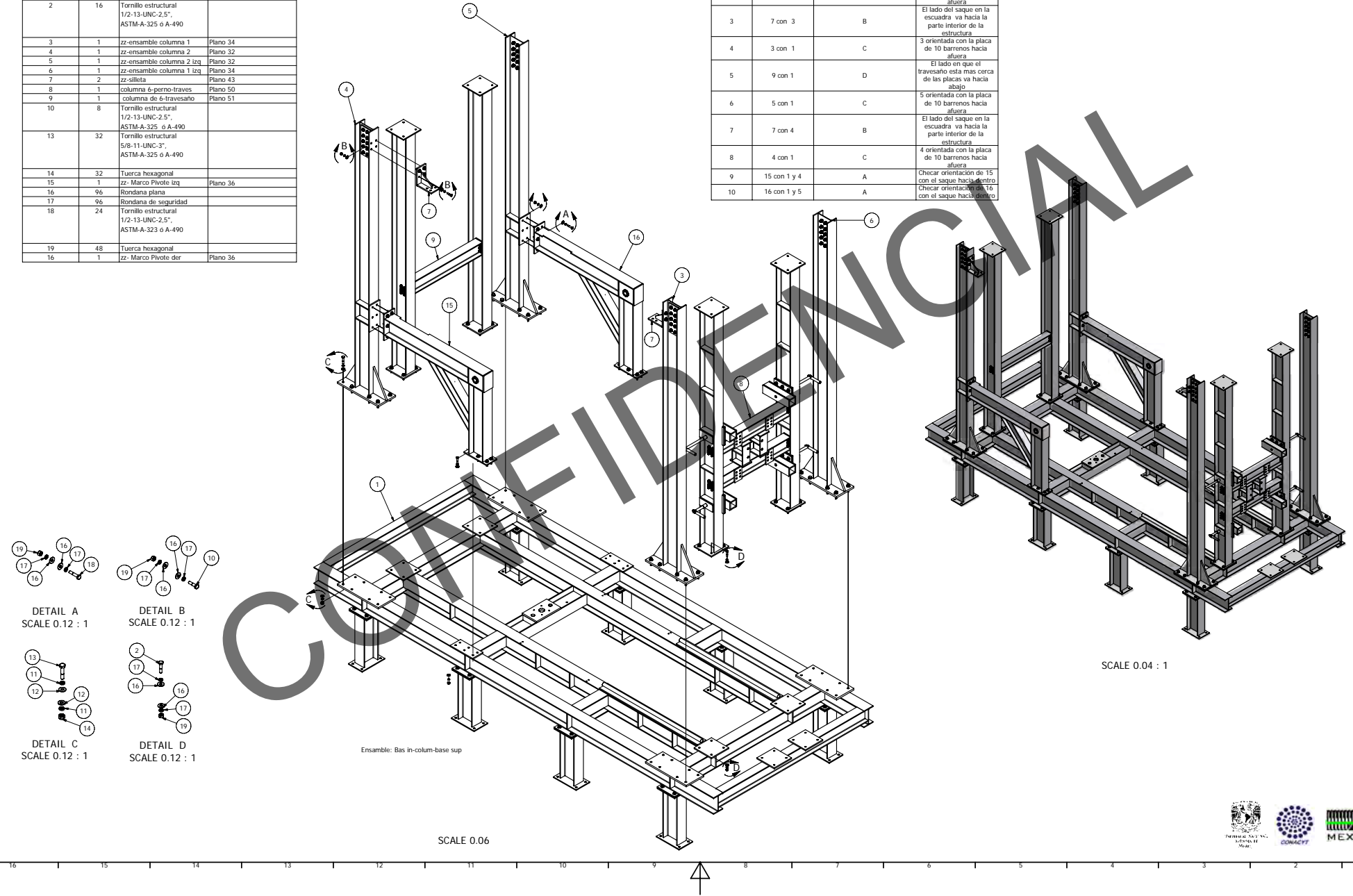
SCALE 0.09 : 1

Ensamble: columna de 6-travesaño



Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Base inferior- patas	Plano 49
2	16	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5", ASTM-A-325 ó A-490	
3	1	zz-ensamble columna 1	Plano 34
4	1	zz-ensamble columna 2	Plano 32
5	1	zz-ensamble columna 2 izq	Plano 32
6	1	zz-ensamble columna 1 izq	Plano 34
7	2	zz-sileta	Plano 43
8	1	columna 6-perno-travesaño	Plano 50
9	1	columna de 6-travesaño	Plano 51
10	8	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5", ASTM-A-325 ó A-490	
13	32	Tornillo estructural 5/8-11-UNC-3", ASTM-A-325 ó A-490	
14	32	Tuerca hexagonal	
15	1	zz- Marco Pivote izq	Plano 36
16	96	Rondana plana	
17	96	Rondana de seguridad	
18	24	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5", ASTM-A-323 ó A-490	
19	48	Tuerca hexagonal	
16	1	zz- Marco Pivote der	Plano 36

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	8 con 1	D	8 orientado como muestra la figura
2	6 con 1	C	6 Orientado con la placa de 10 barrenos hacia afuera
3	7 con 3	B	El lado del saque en la escuadra va hacia la parte interior de la estructura
4	3 con 1	C	3 orientada con la placa de 10 barrenos hacia afuera
5	9 con 1	D	El lado en que el travesaño esta mas cerca de las placas va hacia abajo
6	5 con 1	C	5 orientada con la placa de 10 barrenos hacia afuera
7	7 con 4	B	El lado del saque en la escuadra va hacia la parte interior de la estructura
8	4 con 1	C	4 orientada con la placa de 10 barrenos hacia afuera
9	15 con 1 y 4	A	Checar orientación de 15 con el saque hacia dentro
10	16 con 1 y 5	A	Checar orientación de 16 con el saque hacia dentro



DETAIL A
SCALE 0.12 : 1

DETAIL B
SCALE 0.12 : 1

DETAIL C
SCALE 0.12 : 1

DETAIL D
SCALE 0.12 : 1

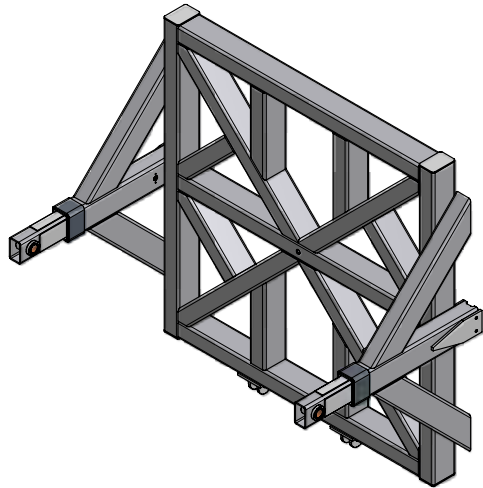
Ensamble: Bas in-colum-base sup

SCALE 0.06

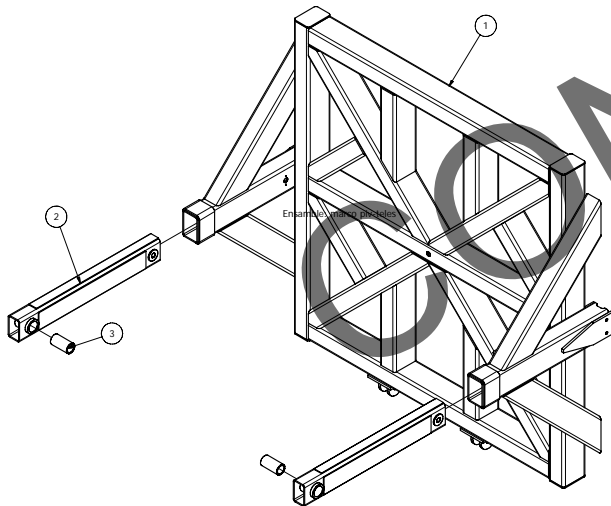
SCALE 0.04 : 1

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Marco piv. teles	Plano 40
2	2	tz-foles	Plano 41
3	1	139-pivote bronce a	Plano 19

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Areglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	3 con 2		3 se inserta a presion hasta llegar a paño sosteniend 2 en 1 temporalmente para evitar que salga de 1. Ensamble posterior
2	2 con 1		



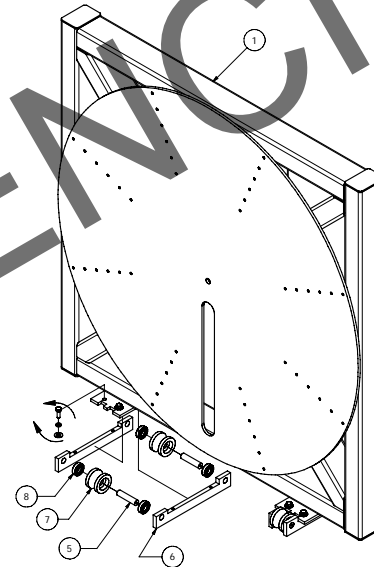
SCALE 0.09 : 1



SCALE 0.09 : 1

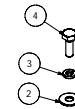
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble marco desliz total	Plano 39
2	8	Roldana plana	
3	8	Roldana de seguridad	
4	8	Tornillo estructural 1/2"-20-UNF-1.25" ASTM-A-449 (Grado 5)	
5	4	192E-pernomarcodesbase	Plano 24
6	4	53B-placamarcodeslat	Plano 8
7	4	48B-baserodmarcodesl	Plano 8
8	8	Bearing RLS 8	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Areglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	5, 6, 7 y 8 con 1	M	

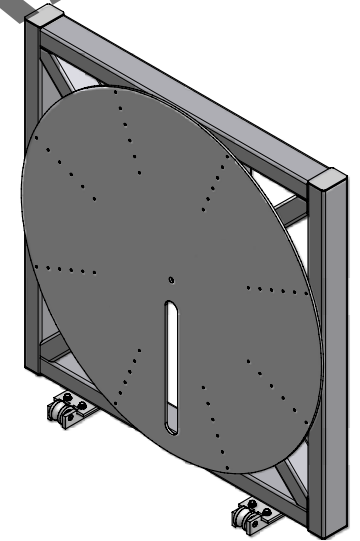


SCALE 1 / 10

Ensamble: marco desliz- carro



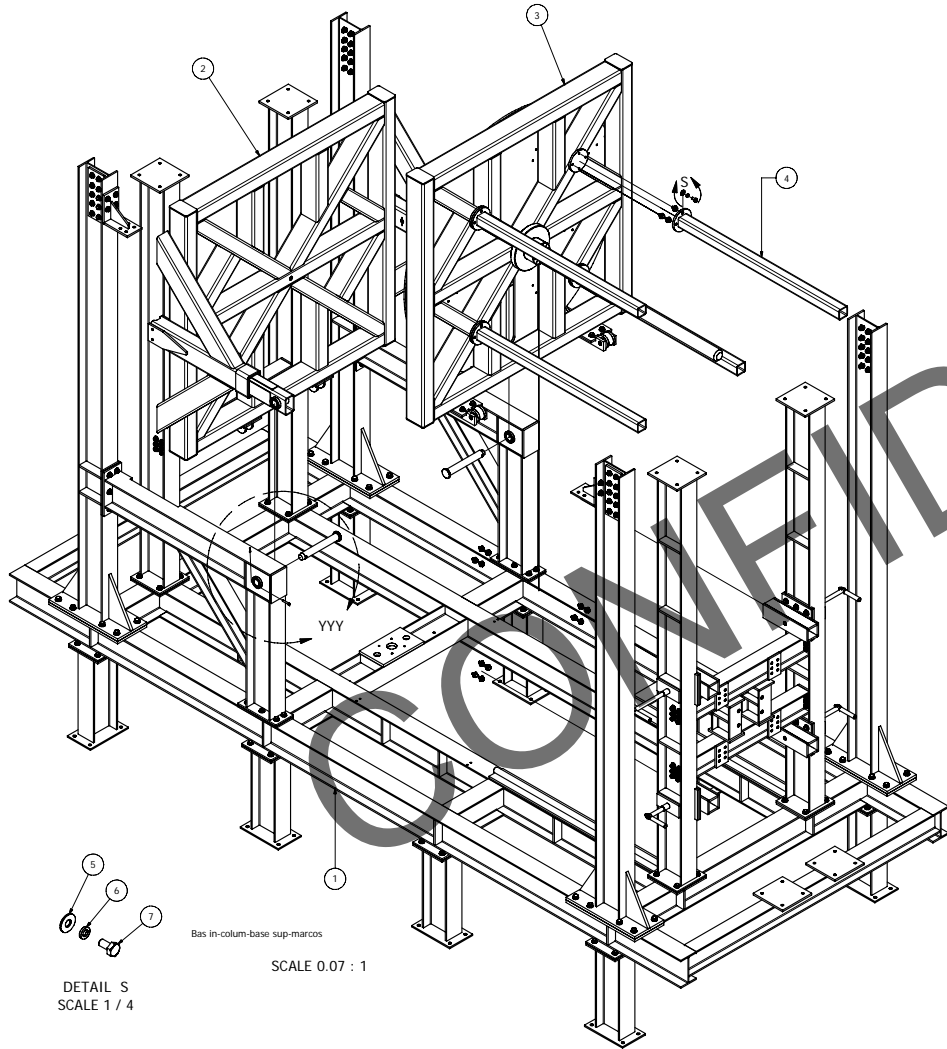
DETAIL M
SCALE 1 / 4



SCALE 1/10

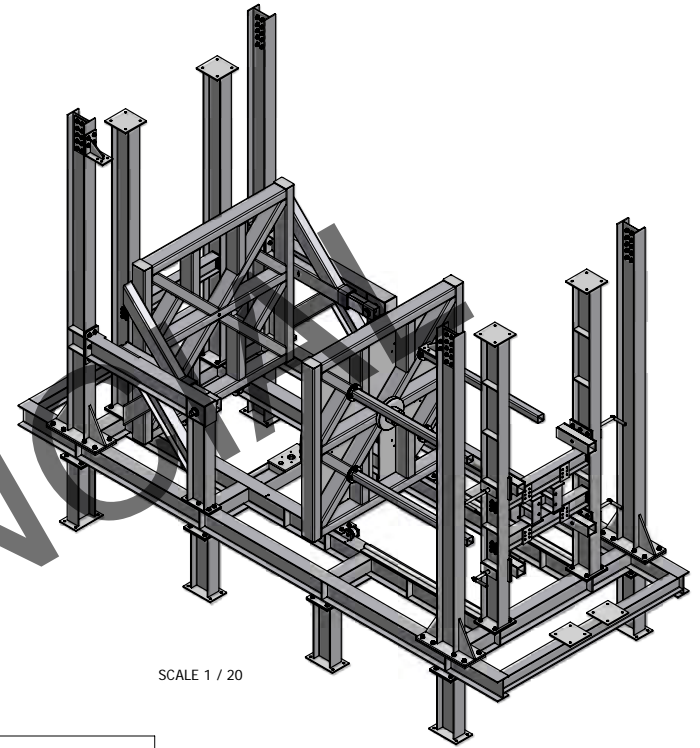
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Bas in-colum-base sup	Plano 52
2	1	marco piv-teles	Plano 53
3	1	marco desl-z-carro	Plano 53
4	1	zz-quis 60	Plano 36
5	16	Rondana plana	
6	16	Rondana de seguridad	
7	16	Tornillo hexagonal 1/2-20-UNF-1.25" ASTM-A-449 (Grado 5)	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	8 con 2 y 1		
2	9 y 10 con 8		
3	4 con 1		ya colocados 4 recorrer
4	3 con 1		
5	4 con 3	S	



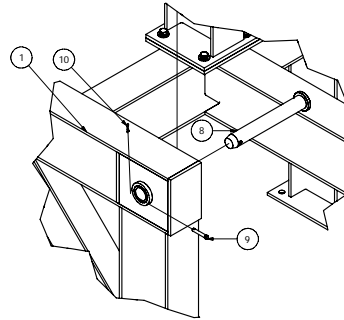
DETAIL S
SCALE 1 / 4

SCALE 0.07 : 1

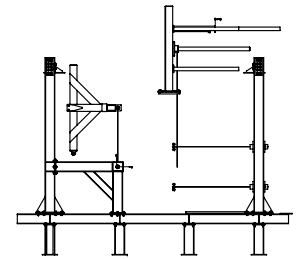


SCALE 1 / 20

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	zz-Bas in-colum-base-sup	Plano 52
8	2	142-zz-perno pivote 1	Plano 19
9	2	141-seguro pivote	Plano 19
10	2	Chaveta ANSI B18.8.1 1/8 X 1	
4	1	zz-quis 60	Plano 36



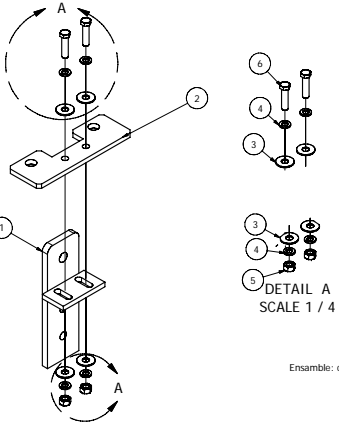
DETAIL YYY
SCALE 0.14 : 1



SCALE 0.02 : 1

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-carro hizaje b	Plano 42
2	1	42-placa guia carro hiza barrenada	Plano 7
3	4	Rodana plana	
4	4	7/16 Rondana de seguridad	
5	2	7/16-UNF Tuerca hexagonal	
6	2	Tornillo hexagonal 7/16-20-UNF-1.75" ASTM-A-449 (Grado 5)	

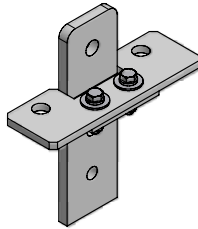
Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	2 con 1	A	



DETAIL A
SCALE 1 / 4

Ensamble: carro hizaje b-placa

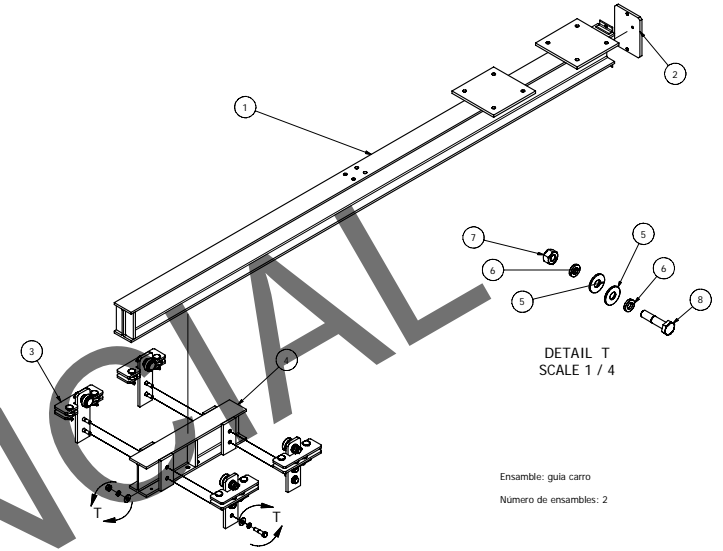
SCALE 1 / 4



SCALE 0.40 : 1

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble guia carro	Plano 42
2	1	25-zz-placa stop carro	Plano 6
3	4	arreglo-roda-carro hizaje	Plano 55
4	1	zz-carro hizaje a	Plano 42
5	16	Rodana plana	
6	16	Rondana de seguridad	
7	8	Tuerca hexagonal	
8	8	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5", ASTM-A-325 o A-490	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	3 con 4	T	Colocar un par del ensamble 2
2	4 con 1		Colocar los rodamientos de 4 en el patin inferior de 1 y posteriormente colocar el par restante del ensamble 3
3	2 con 1	Checkar tipo de tornillo	Checkar orientacion de barrero de 2



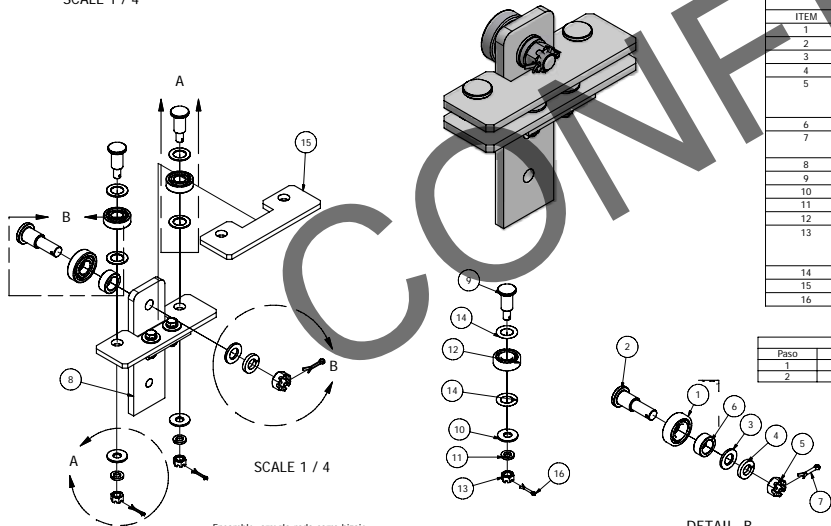
DETAIL T
SCALE 1 / 4

Ensamble: guiá carro
Número de ensambles: 2

SCALE 1 / 10

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Bearing 00HHT16Y	Bearing RLS 8
2	1	345-perno carro	Plano 19
3	1	0.75-1.469	Roldana plana tipo A
4	1	0.75	Roldana de seguridad
5	1	Tuerca hexagonal ranurada 1/2-20 UNF, ASTM-A-449 (Grado 5)	
6	1	149-buje carro hiza	Plano 19
7	1	Chaveta ANSI B18.8.1 3/16X1 1/4	
8	1	carro hizaje b-placa	Plano 55
9	2	151-perno carro guiá	Plano 20
10	2	Rodana plana	
11	2	Rondana de seguridad	
12	2	rodamiento 20.42	Rodamiento SKF 6204
13	2	Tuerca hexagonal ranurada 1/2-20-UNF, ASTM-A-449 (Grado 5)	
14	4	0.875-1.437-0.063	Roldana plana
15	1	43-placa guiá carro hiza	Plano 7
16	2	Chaveta ANSI B18.8.1 1/8X1	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	15 con 8	A	
2	2 con 8	B	

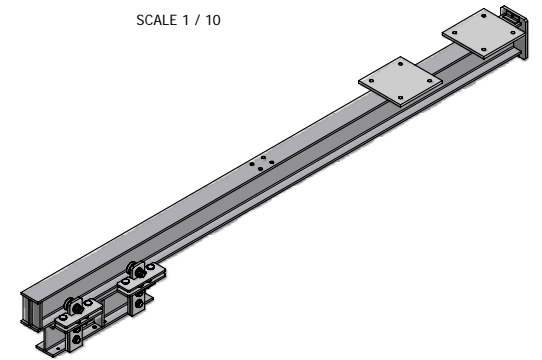


SCALE 1 / 4

Ensamble: arreglo-roda-carro hizaje
Número de ensambles: 8

DETAIL A
SCALE 1 / 4

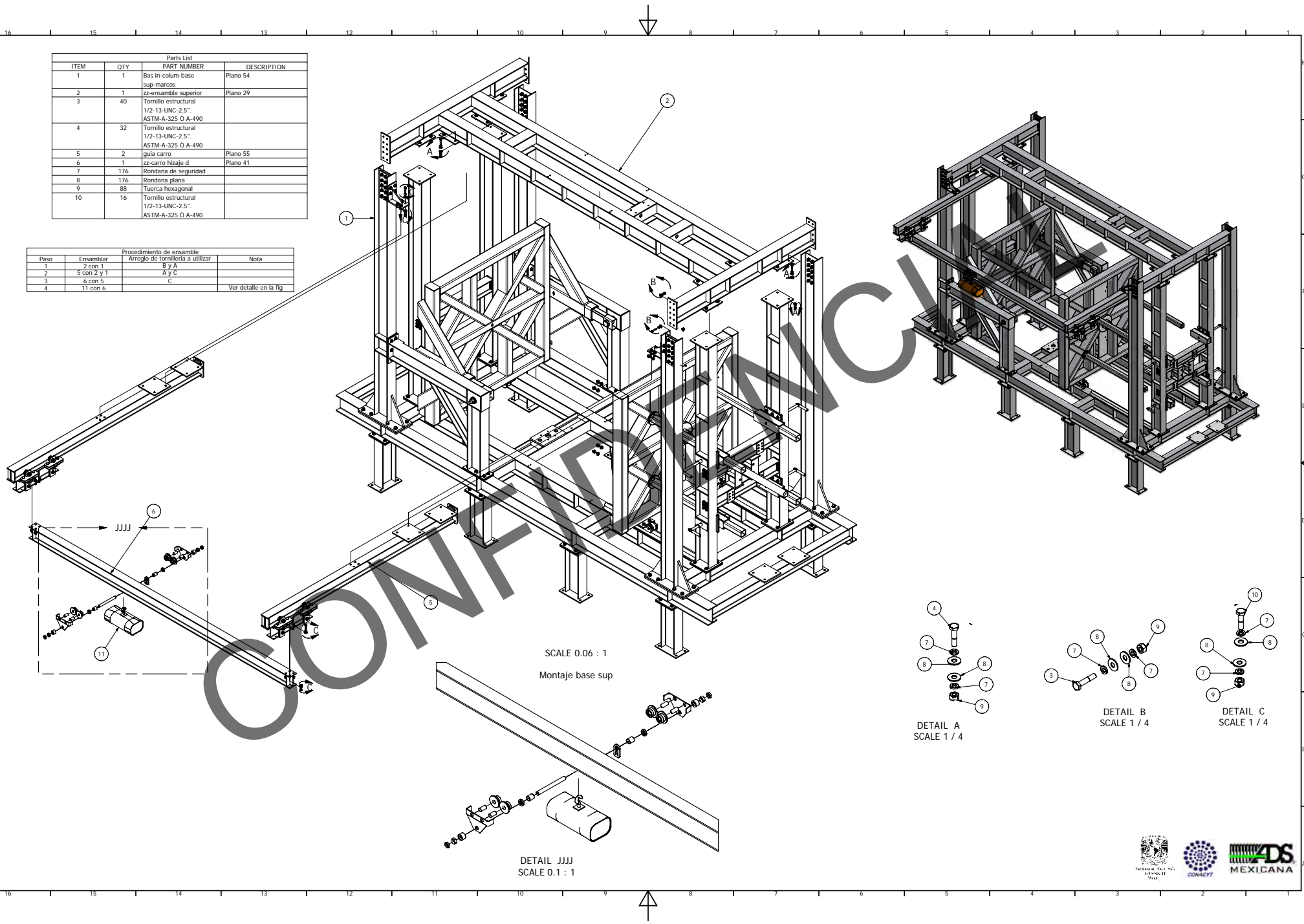
DETAIL B
SCALE 1 / 4



SCALE 1 / 10

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Bas in-colum-base sup-marcos	Plano 54
2	1	zz-ensamble superior	Plano 29
3	40	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5" ASTM-A-325 O A-490	
4	32	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5" ASTM-A-325 O A-490	
5	2	gula carro	Plano 55
6	1	zz-carro hitazo d	Plano 41
7	176	Rondana de seguridad	
8	176	Rondana plana	
9	88	Tuerca hexagonal	
10	16	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5" ASTM-A-325 O A-490	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1	B y A	
2	5 con 2 y 1	A y C	
3	6 con 5	C	
4	11 con 6		Ver detalle en la fig



SCALE 0.06 : 1
Montaje base sup

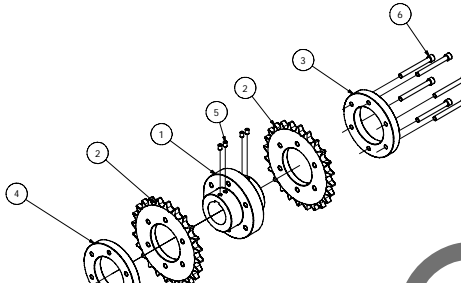
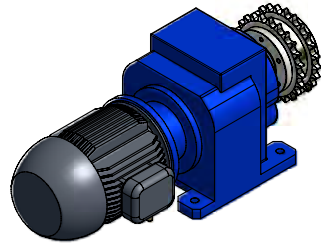
DETAIL A
SCALE 1 / 4

DETAIL B
SCALE 1 / 4

DETAIL C
SCALE 1 / 4

DETAIL JJJJ
SCALE 0.1 : 1

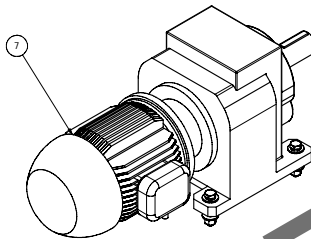
Parts List				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	
1	1	181-Tuerca Acme de 3a	Plano 23	
2	2	188-NO23311 0007436C 24 dientes b	Plano 23	
3	1	183-brida de 3 aa	Plano 23	
4	1	182-brida de 3 bc	Plano 23	
5	4	Tornillo prisionero copa 5/16-24-UN F 1/2", ASTM-A-449 (Grado 5)		
6	6	Tornillo allen 3/8-24-UNF 3.5"		
7	1	motorreductor de 3hp		



Parts List				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	
1	6	Tornillo cabeza plana allen 5/8-18-UNF 2.5", ASTM-A-449 (Grado 5)	Hexagon Socket Flat Countersunk Head Cap Screw	
2	2	89-laterales acme 3	Plano 12	
3	1	91-placa frontal acme 3	Plano 12	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	2 con 3		

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	4 y 2 con 7		colocar en la flecha de 7 (dejar folios 4 y 2)
2	1 con 7	5	colocar 1 alineandolo con arreglo de catarnas del tornillo acme para posteriormente colocar la cadena
3	4, 2 y 2, 3 con 1	6	Ver figura



Ensamble: montaje motorreductor

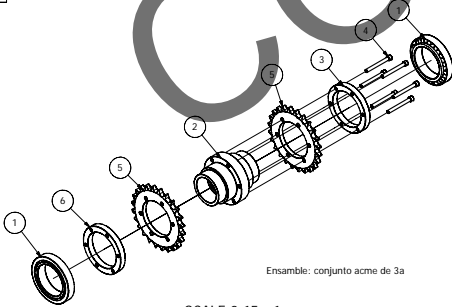
SCALE 1 / 5

Parts List				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	
1	2	32020X	Tapered Roller Bearing	
2	1	186-Tuerca Acme de 3	Plano 23	
3	1	185-brida de 3a	Plano 23	
4	6	Tornillo allen 3/8-24-UNF 3.5"		
5	2	187-NO23311 0007436C 24 dientes a	Plano 23	
6	1	184-brida de 3 b	Plano 23	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	5, 6, 1 y 3 con 2	4	
2	1 con 2		Checar orientacion de rodamientos



SECTION GGGG-GGGG
SCALE 1 / 5

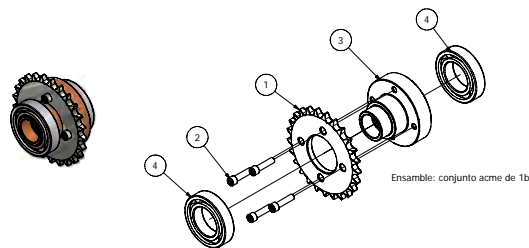


Ensamble: conjunto acme de 3a

SCALE 0.15 : 1

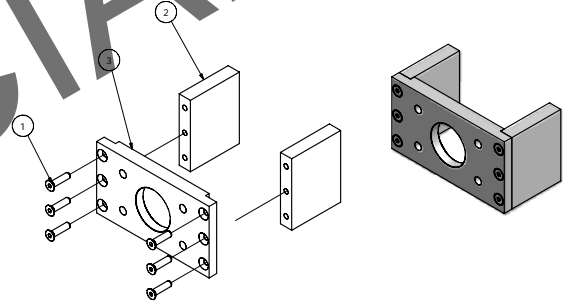
Parts List				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	
1	1	191B-NO23311 000CKG6C25 DIENTES	Plano 24	
2	4	Tornillo allen de 1/4-28-UNF 1", ASTM-A-449 (Grado 5)		
3	1	189B-Tuerca Acme de 1a	Plano 24	
4	2	6007	Deep Groove Ball Bearing	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	1 con 3	2	
2	4 con 1		Checar orientacion de rodamientos



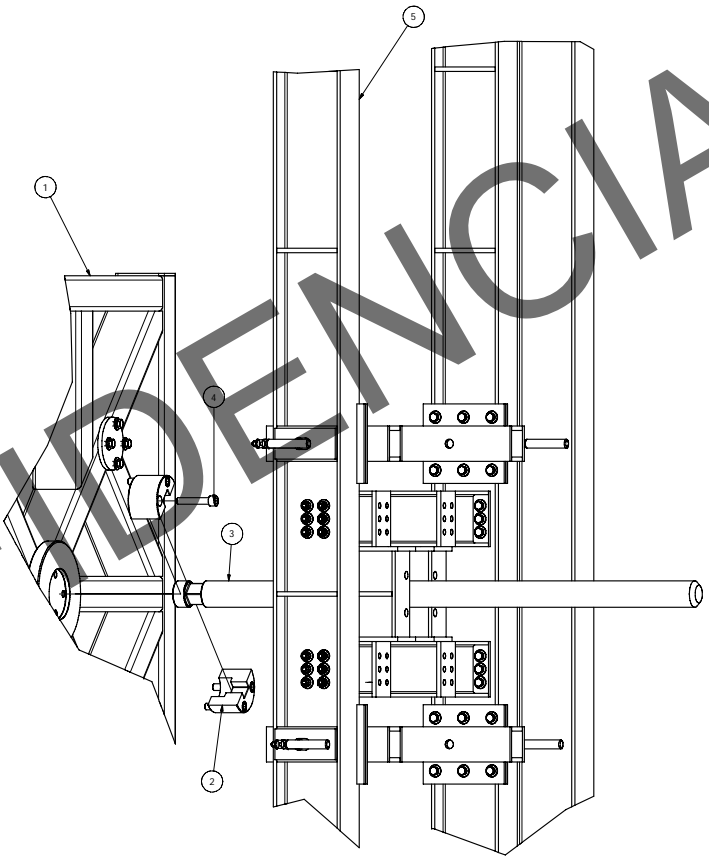
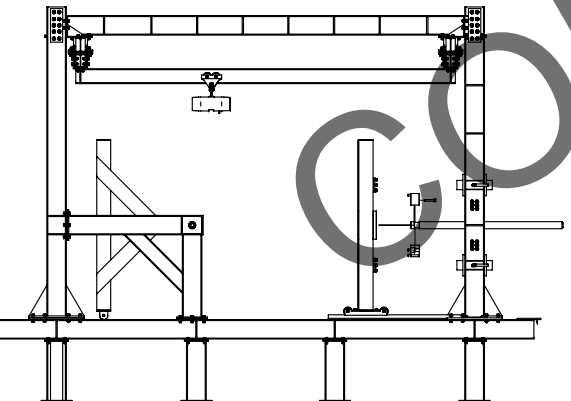
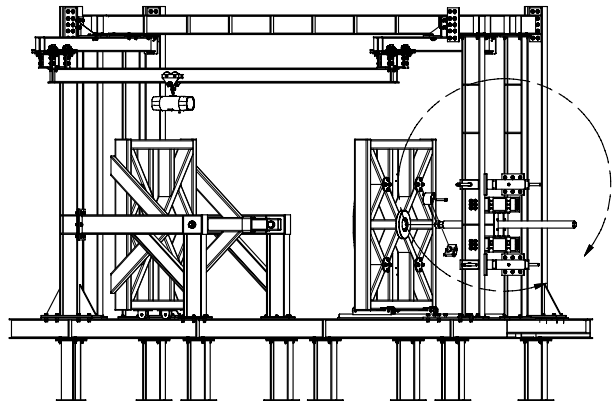
Ensamble: conjunto acme de 1bb

SCALE 0.40 : 1



SCALE 0.18 : 1

Ensamble: en-cajame

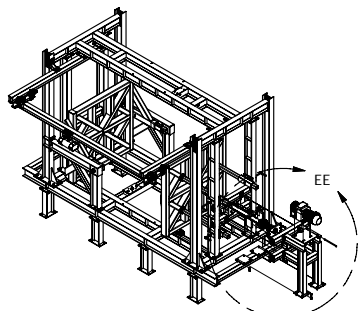


Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	marco deslíz-carro	Plano 53
2	2	176-zz-contrá sujeción	Plano 22
3	1	177-zz-tornillo acme de 3	Plano 22
4	4	3_4-4-UNF allen	Hexagon Socket Head Cap Screw
5	1	montaje base sup	Plano 56

Procedimiento de ensamble			
Partes	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	3 con 5		El tornillo acme se coloca por la parte posterior de 5 sin llegar a 1
2	2 con 3		
3	2 y 3 con 1	4	

DETAIL ZZZ
SCALE 0.15: 1

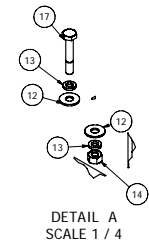
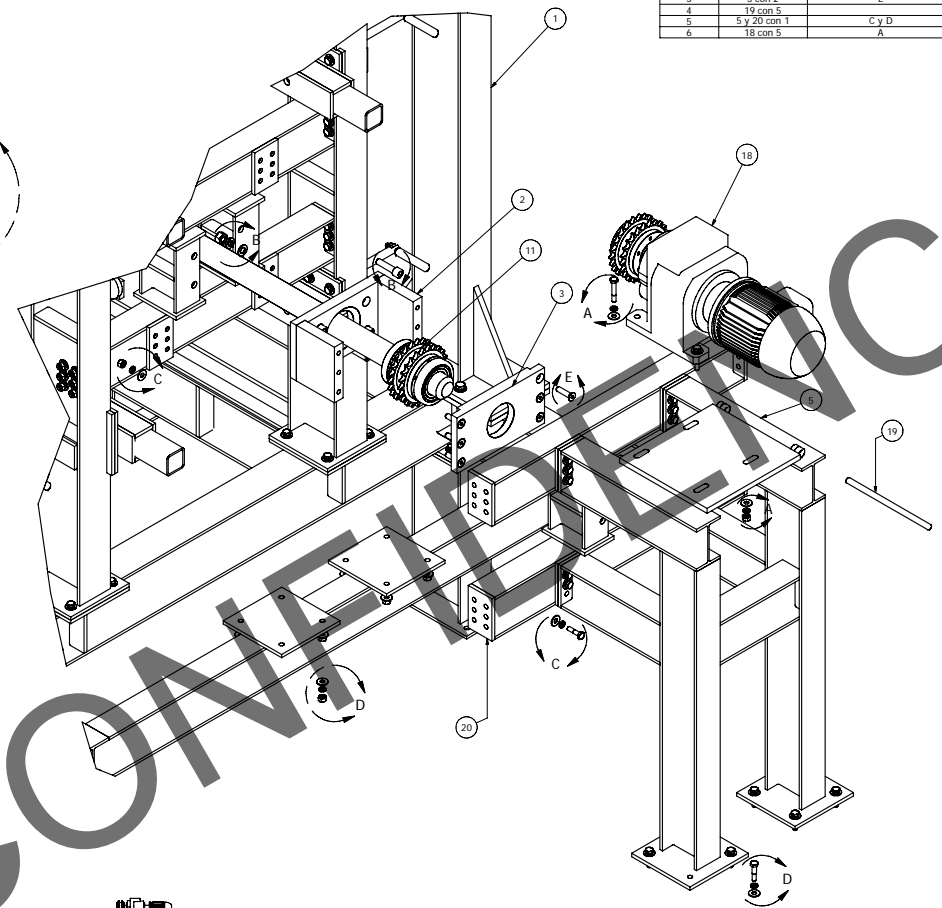
Ensamble: ensamble tornillo acme de 3



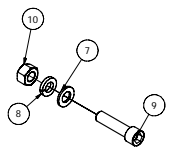
SCALE 1 / 50

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 1	B	
2	11 con 2 y 1		Girar 11 hasta llegar a tope
3	3 con 2	E	
4	19 con 5		
5	5 y 20 con 1	C y D	
6	18 con 5	A	Pre apriete para ajuste

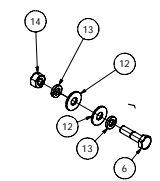
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	montaje tornillo acme de 3	Plano 58
2	1	en-caja acme de 3a	Plano 57
3	1	90-placa posterior acme 3	Plano 12
4	6	tornillo cabeza plana 5/8-18-UNF 2.5", ASTM-A-449 (Grado 5)	
5	1	marco motorreductor b	Plano 35
6	12	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2", ASTM-A-325 O A-490	
7	4	0.75-Rondana plana	
8	4	0.75-Rondana de seguridad	
9	4	Tornillo allen 3/4-16-UNF 3" ASTM-A-449 (Grado 5)	
10	4	3, 4-UNF a Tuerca hexagonal	
11	1	conjunto acme de 3a	Plano 57
12	48	Rondana plana	
13	48	Rondana de seguridad	
14	24	Tuerca hexagonal	
15	8	Tornillo estructural 1/2-13-UNC-2.5", ASTM-A-325 O A-490	
16	1	montaje motorreductor	Plano 57
17	4	Tornillo hexagonal 1/2-20-UNF 3", ASTM-A-449 (Grado 5)	
18	1	montaje motorreductor	Plano 57
19	1	191C- Barra bisagra	Plano 24
20	1	zz-travo carga	Plano 35



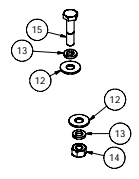
DETAIL A SCALE 1 / 4



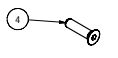
DETAIL B SCALE 0.15 : 1



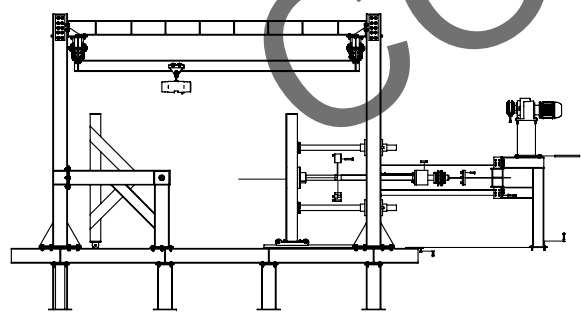
DETAIL C SCALE 1 / 4



DETAIL D SCALE 1 / 4



DETAIL E SCALE 1 / 4



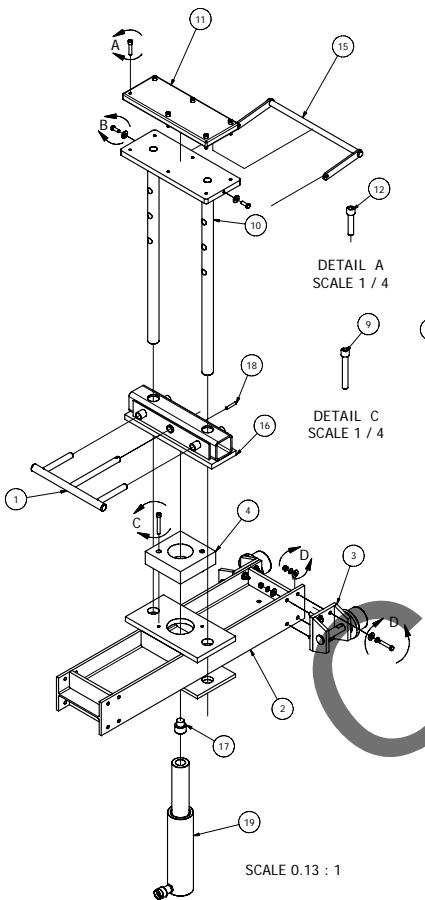
SCALE 0.14 : 1
Ensamble: montaje de tornillo acme de 3 t

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	4 con 2	C	
2	17 con 19		
3	19 con 4		Checar orientación de la toma del cilindro como muestra la figura
4	3 con 2	D	
5	16 con 17	18	
6	10 con 16		
7	11 con 10	A	
8	15 con 10	B	
9	1 con 16 y 10		

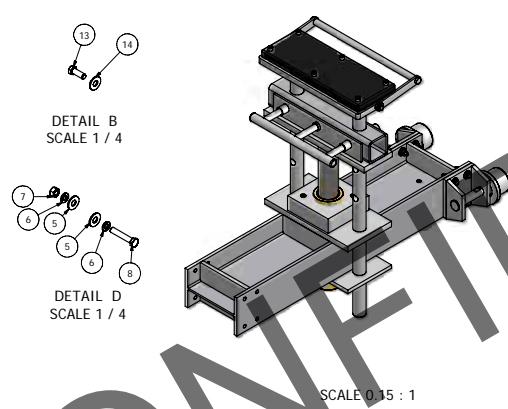
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	perno 4 ensamble	Plano 46
2	1	zz-base soporte central-abajo	Plano 46
3	2	zz-carretilla soportes bajos	Plano 60
4	1	62-placa cilindro cen	Plano 9
5	16	Rondana plana	
6	16	Rondana de seguridad	
7	8	Tuerca hexagonal	
8	8	Tornillo hexagonal 7/16-20 UNF-2" ASTM-A-449 (Grado 5)	
9	2	Tornillo allen 3/8-24 UNF 2.75" ASTM-A-449 (Grado 5)	
10	1	zz-ensamble sop cil medio	Plano 47
11	1	zz-medio elastico	Checar si va
12	6	Tornillo allen 3/8-24 UNF 1.75" ASTM-A-449 (Grado 5)	
13	2	Tornillo allen 3/8-24 UNF 1" ASTM-A-449 (Grado 5)	
14	2	0.375-1 Rondana plana	
15	1	zz-ensamble maruja	Plano 46
16	1	zz-soporte cil RC 208	Plano 46
17	1	153-zz-roscas de RR 258	Plano 20
18	1	ANSI B18.3 - 5/16-18 UNC x 1.75	Hexagon Socket Set Screw - Flat Point
19	1	RC-258-cilindro	

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-soporte cil RC1010	Plano 45
2	1	180-zz-roscas RC108	Plano 22
3	1	5_16-1.5-UNC	Hexagon Socket Set Screw - Flat Point
4	1	zz-perno 4 ensamble	Plano 46
5	1	zz-ensamble maruja	Plano 46
6	1	zz-base soportes abajo_movil	Plano 44
7	1	AW	accesorio
8	2	204B-STEELL1 001IUB3M-154	Plano 22
9	2	zz-carretilla soportes bajos	Plano 60
10	16	Rondana plana	
11	16	Rondana de seguridad	
12	8	Tuerca hexagonal	
13	8	Tornillo hexagonal 7/16-20 UNF 2" ASTM-A-449 (Grado 5)	
14	4	Tornillo allen 7/16-20 UNF 1" ASTM-A-449 (Grado 5)	
15	4	Tornillo allen 7/16-20 UNF 5/8" ASTM-A-449 (Grado 5)	
16	1	zz-sop redondo	Plano 42
17	2	0.375-1Rondana plana	
18	2	Tornillo allen 3/8-24 UNF 1" ASTM-A-449 (Grado 5)	
19	1	RC-108	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2 con 19		
2	8 con 7	D	
3	8 con 6	B	
4	19 con 7		Checar orientación de la toma del cilindro como muestra la figura
5	9 con 6	C	
6	1 con 2	3	
7	16 con 1 y 2		
8	5 con 16	A	
9	4 con 1 y 16		

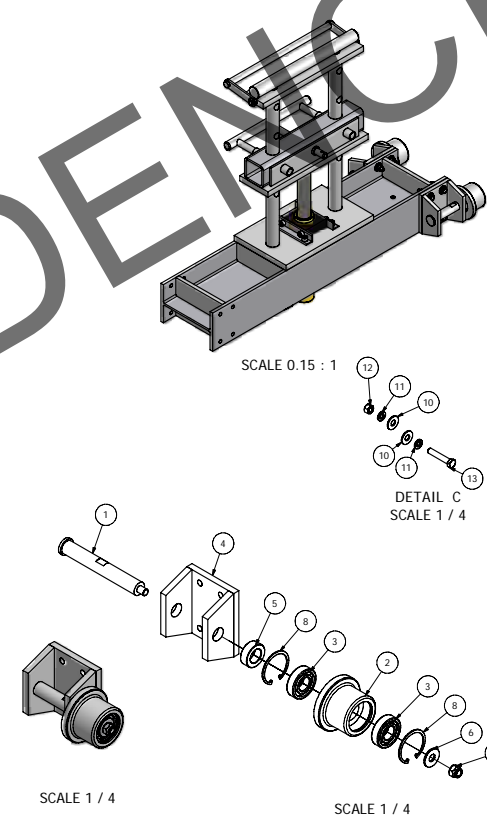


Ensamble: montaje soporte C



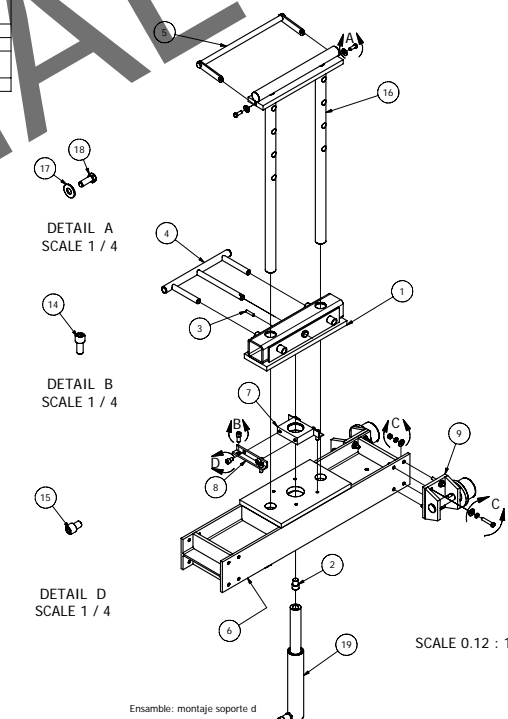
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	152-pernos para rodamientos	Plano 20
2	1	150-rueda soportes	Plano 19
3	2	Bearing 00RHT16Y	Bearing RLS 8
4	1	zz-ojos rodamientos	Plano 43
5	1	147-zz-bujes	Plano 19
6	1	Rondana plana	
7	1	Tuerca exagonal seguridad 1/2-20 UNF ASTM-A-449 (Grado 5)	
8	2	BS 3673/1 - B0237	Spring Retaining Ring

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	1 con 4		
2	8 y 3 con 2		colocar 8 (anillos de retención) en las ranuras interiores de 2 para asegurar baleros
3	5, 2, 6 y 7 con 1		



SCALE 1 / 4

Ensamble: zz-carretilla soportes bajos
Numero de ensambles: 12



Ensamble: montaje soporte d

SCALE 0.12 : 1

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	ensamble soporte desalineamiento	Plano 44
2	2	56-placa 1010	Plano 9
3	2	zz-carretila soportes bajos	Plano 12
4	2	zz-ensamble palin	Plano 43
5	16	Rondana plana	
6	16	Rondana de seguridad	
7	8	Tuerca hexagonal	
8	8	Tornillo hexagonal 7/16-20-UNF-2" ASTM-A-449 (Grado 5)	
9	8	Tornillo allen 1/4-28-UNF 1.75" ASTM-A-449 (Grado 5)	
10	4	Rondana plana	
11	4	Rondana de seguridad	
12	4	Tornillos allen 1/4-28-UNF 1" ASTM-A-449 (Grado 5)	
13	2	RR-1010-cilindro	
15	2	zz-RR 1010	accesorio

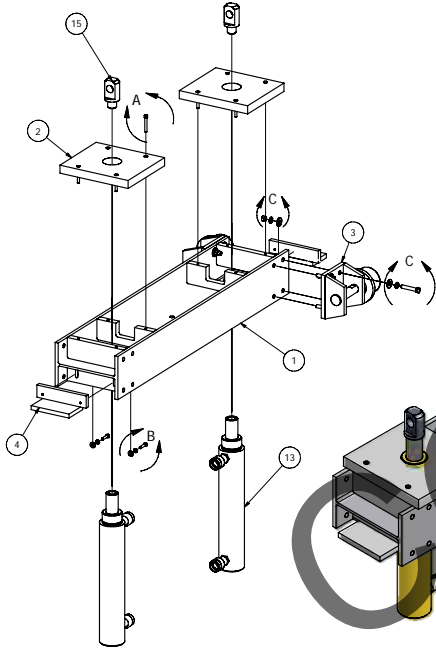
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-soporte cil RC1010	Plano 45
2	1	zz-ensamble manija	Plano 46
3	1	zz-ensamble sop. cuadrado	Plano 47
4	2	Tornillo allen 3/8-24-UNF 1" ASTM-A-449 (grado 5)	
5	2	Rondana plana	
6	1	perno 4 ensamble	Plano 46

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	190-Tuerca Acme de 1"	Plano 24
2	1	191B-N023311 000CK66C 25 DIENTES	Plano 24
3	1	Tornillo prisionero copa No. 10 3/2-UNF 1/4" ASTM-A-449 (Grado 5)	
4	4	Tornillo allen 1/4-28-UNF 1" ASTM-A-449 (Grado 5)	
5	1	motorreductor de 1.4 hp	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	2 con 3	A	
2	3 con 1		
3	6 con 1 y 3		

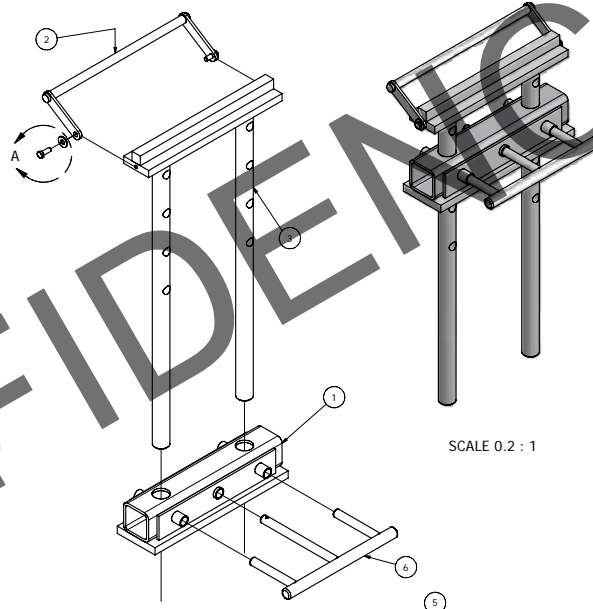
Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	5 con 1	3	
2	2 con 1	2	pendiente

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	4 con 1	B	
2	2 con 1	A	
3	3 con 1	C	
4	13 con 2		Chocar orientacion de las tomas de los cilindros como se muestra en la figura
5	15 con 13		



SCALE 0.2 : 1

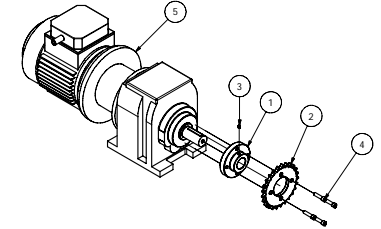
Ensamble: Ensamble soporte desalineamiento



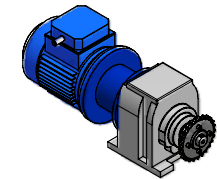
SCALE 1 / 5

Ensamble: montaje soporte b

DETAIL A
SCALE 1 / 4



SCALE 1 / 5



SCALE 0.2 : 1

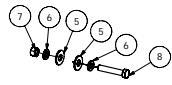
Ensamble: en-motorreductor



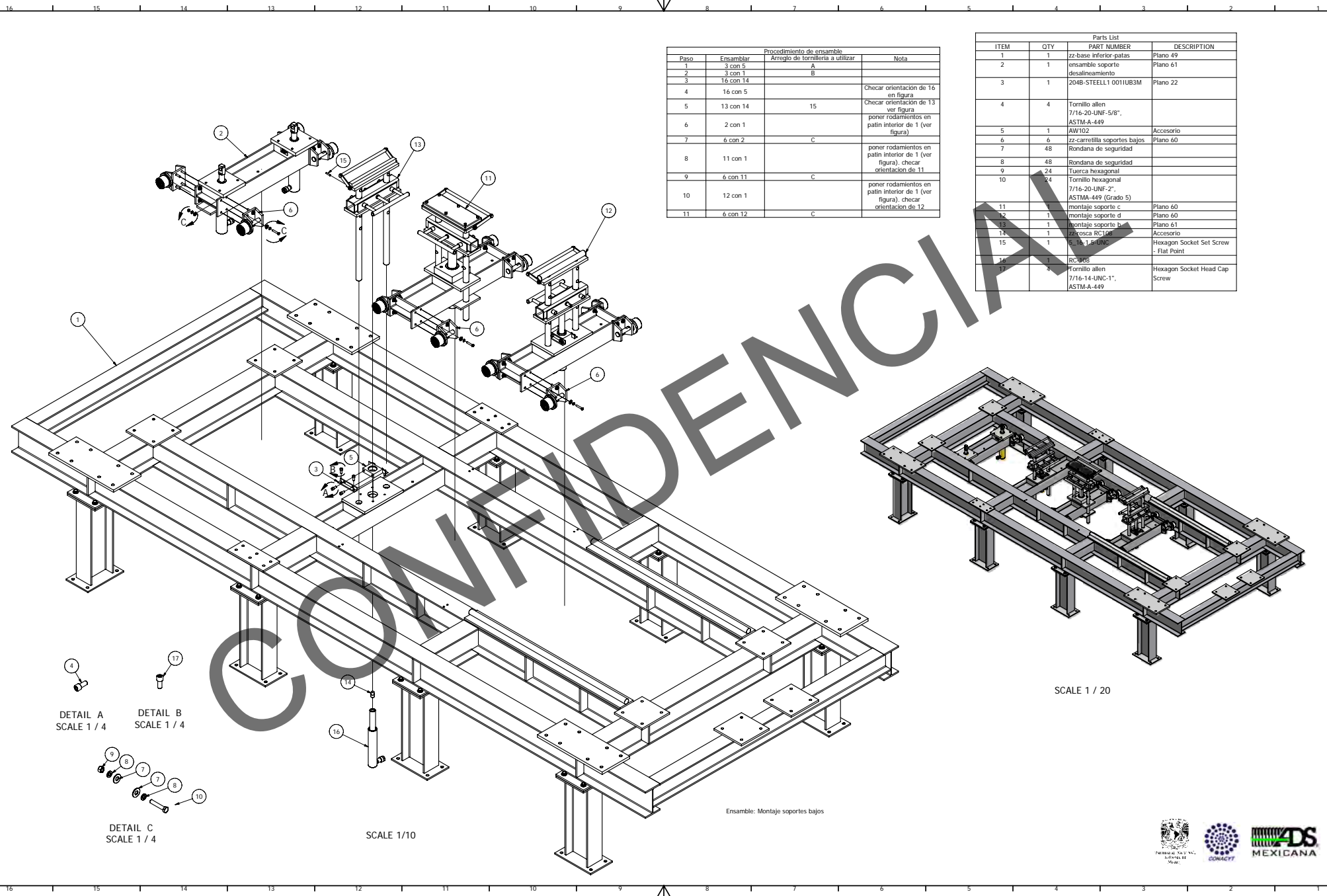
DETAIL A
SCALE 1 / 4



DETAIL B
SCALE 1 / 4



DETAIL C
SCALE 1 / 4



Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	3 con 5	A	
2	3 con 1	B	
3	16 con 14		
4	16 con 5		Checar orientación de 16 en figura
5	13 con 14	15	Checar orientación de 13 ver figura
6	2 con 1		poner rodamientos en palin interior de 1 (ver figura)
7	6 con 2	C	
8	11 con 1		poner rodamientos en palin interior de 1 (ver figura), checar orientación de 11
9	6 con 11	C	
10	12 con 1		poner rodamientos en palin interior de 1 (ver figura), checar orientación de 12
11	6 con 12	C	

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-base inferior-patas	Plano 49
2	1	ensamblaje soporte desalineamiento	Plano 61
3	1	204B-STEEL1 001IUB3M	Plano 22
4	4	Tornillo allen 7/16-20-UNF-5/8", ASTM-A-449	
5	1	AW102	Accesorio
6	6	zz-carretilla soportes bajos	
7	48	Rondana de seguridad	Plano 60
8	48	Rondana de seguridad	
9	24	Tuerca hexagonal	
10	24	Tornillo hexagonal 7/16-20-UNF-2", ASTM-A-449 (Grado 5)	
11	1	montaje soporte c	Plano 60
12	1	montaje soporte d	Plano 60
13	1	montaje soporte b	Plano 61
14	1	zrosca RC108	Accesorio
15	1	5-16-1.5UNC	Hexagon Socket Set Screw - Flat Point
16	1	RC-985	
17	1	Tornillo allen 7/16-14-UNC-1", ASTM-A-449	Hexagon Socket Head Cap Screw

DETAIL A
SCALE 1 / 4

DETAIL B
SCALE 1 / 4

DETAIL C
SCALE 1 / 4

SCALE 1/10

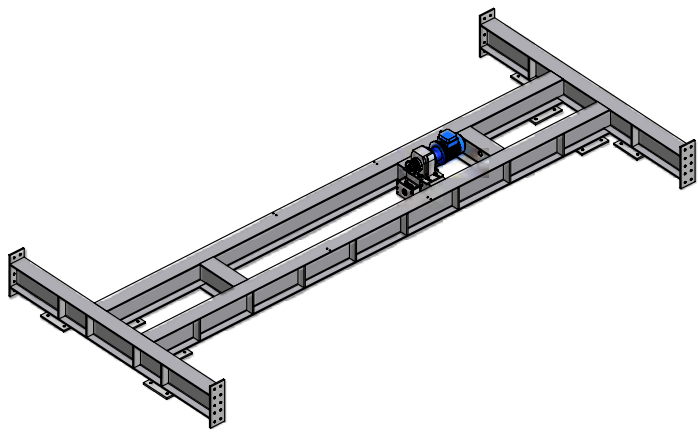
Ensamble: Montaje soportes bajos

SCALE 1 / 20

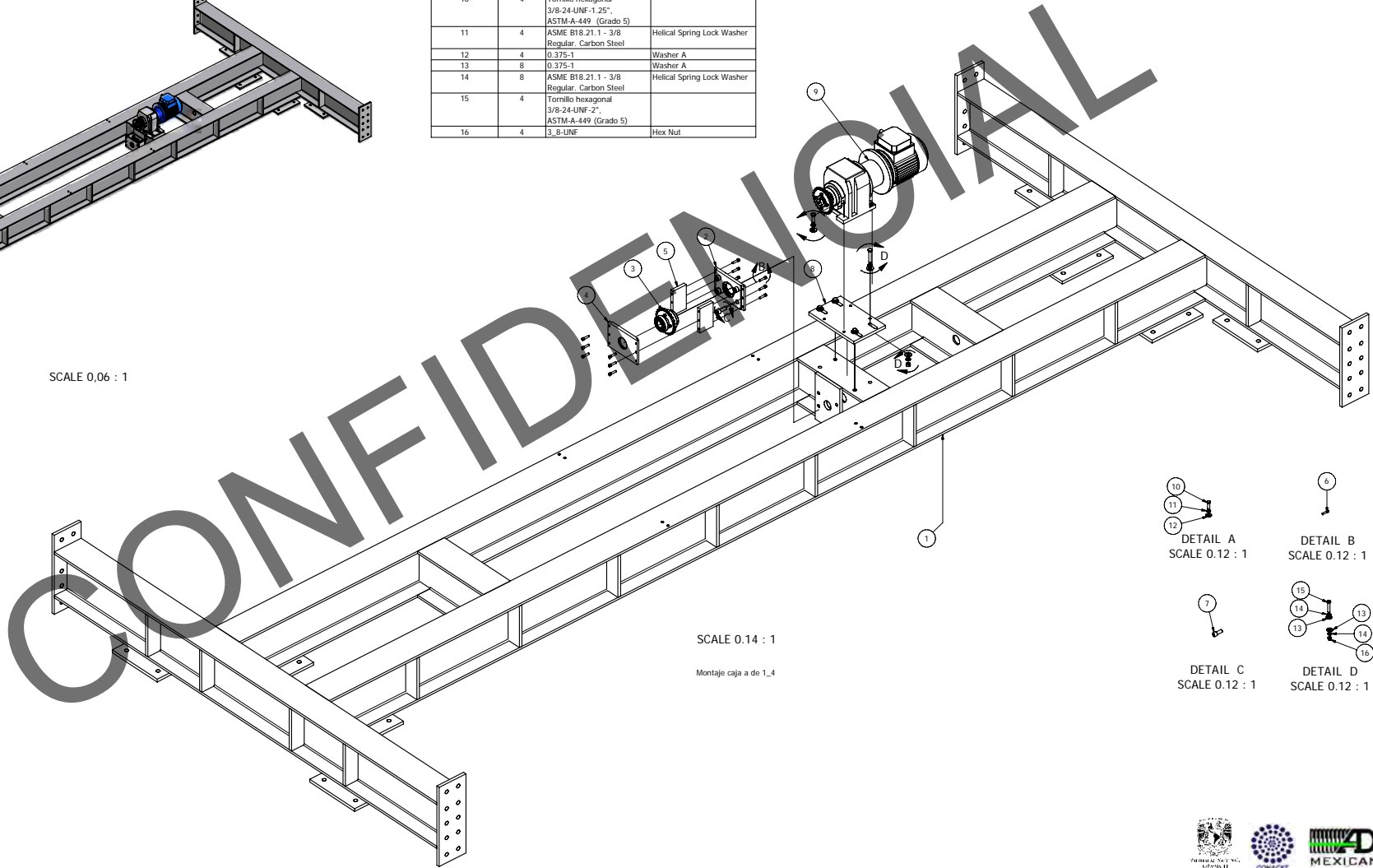


Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble base superior	Plano 29
2	1	85-placa base caja acme	Plano 12
3	1	conjunto acme de 1bb	Plano 57
4	1	86-placa caja acme	Plano 12
5	2	87-placa lat caja acme 1_4	Plano 12
6	12	Tornillo allen 1/4-28-UNF 1". ASTM-A-449	
7	4	Tornillo allen 1/4-20-UNF 1.25". ASTM-A-449	
8	1	88-placa base 1_4	Plano 12
9	1	en-motorreductor	Plano 61
10	4	Tornillo hexagonal 3/8-24-UNF-1.25". ASTM-A-449 (Grado 5)	
11	4	ASME B18.21.1 - 3/8 Regular, Carbon Steel	Helical Spring Lock Washer
12	4	0.375-1	Washer A
13	8	0.375-1	Washer A
14	8	ASME B18.21.1 - 3/8 Regular, Carbon Steel	Helical Spring Lock Washer
15	4	Tornillo hexagonal 3/8-24-UNF-2". ASTM-A-449 (Grado 5)	
16	4	3_8-UNF	Hex Nut

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	5 con 2	B	
2	2 con 1	C	
3	3 y 4 con 2	B	
4	8 con 1	D	
5	9 con 8	A	Preapriete para ajuste

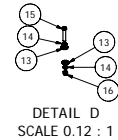
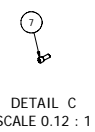
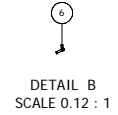
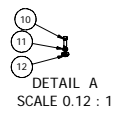


SCALE 0.06 : 1



SCALE 0.14 : 1

Montaje caja a de 1_4

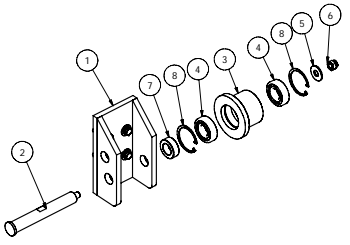


Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-oreja carga derecha	Plano 43
2	4	152-pernos para rodamientos	Plano 20
3	4	150-rueda soporte	Plano 19
4	8	Bearing 00HHT16Y	Bearing RLS B
5	4	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	Washer A
6	4	1_2-UNF-1_2 - 20 Metal	Prevailing Torque Type Hex Nut
7	4	147-zc- buje	Plano 19
8	8	BS 3673/1 - B0237	Spring Retaining Ring

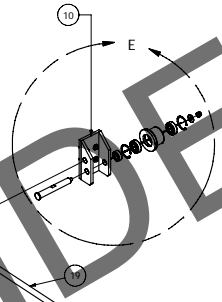
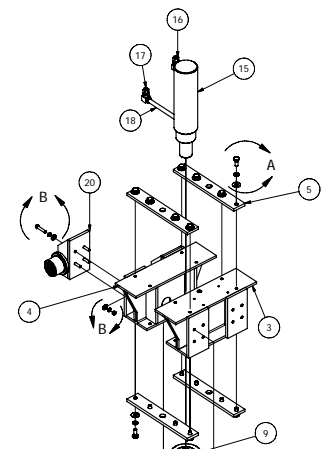
Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	1	B	Colocar antes de hacer el arreglo
2	2 con 1		
3	4.8 y 7 con 3		colocar 8 en la ranura de 3
4	4 y 8 con 3		
5	3 con 2	5 y 6	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	19 con 1		Roscar en la luera de la caja de catarinas
2	3 y 4 con 1		Colocar sobre patin inferior
3	20 con 4	B	Ver arreglo E. La base de los rodamientos que estan barnadas vien del lado del tornillo acme (observar orientacion)
4	26 con 3	B	
5	7 con 6 y 26		
6	25 con 7		Colocar 7 del lado de 26
7	10 con 3 y 7	D	Ver detalle E y colocar 7
8	5 con 3 y 4	A	
9	9 y 8 con 3 y 4	C	Colocar 9 concéntrico al barreno de 8. 9 queda flojo
10	15 con 9 y 8		colocar 15 con los taponesen las tomas, checar que 15 asiente bien sobre 9 y revisar orientacion de 15 en la figura, posteriormente colocar los nipples (16, 18 y 17)
11	19 con 6		
12	22 con 19 y 6	24	

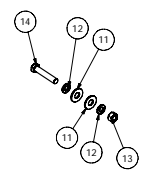
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble base superior	Plano 29
3	1	zz-carga per B	Plano 48
4	1	zz-carga per A	Plano 48
5	4	75-quin guía carga	Plano 11
6	1	suji tor pos carga	Plano 48
7	1	166-perno posición carga	Plano 21
8	1	76-placa soporte carga	plano 11
9	1	roldana carga	
10	1	zz-oreja carga derecha	Plano 43
11	32	0.375-1	Washer A
12	32	ASME B18.21.1 - 3/8 Regular, Carbon Steel	Helical Spring Lock Washer
13	16	3.8-UNF	Hex Nut
14	16	3.8-2-UNF	Hex Cap Screw
15	1	RR-308	
16	1	FZ-1616	
17	1	FZ-1610	
18	1	3.8-80-8	Pipe
19	1	169-tornillo posición carga	Plano 21
20	2	zz-carga per A	Plano 43
22	1	173-perno tor pos carga	Plano 43
23	16	Tornillo hexagonal 1/2-13-UNC-1.50 (Inch)	Hex Heavy Structural Bolt UNC, Regular Thread
24	2	0.4375-1.8-0.75	Pin - Cotter
26	2	0.5-5.32-1.5	Pin - Cotter
26	1	oreja carga izquierda	Plano 43
27	1	ASME B18.2.1.1 - 3/8 Regular, Carbon Steel	Helical Spring Lock Washer
28	4	0.375-1	Roldana plana
29	4	Tornillo Hexagonal 3/8-24-UNF-2.75", ASTM-A-449 (Grado 5)	



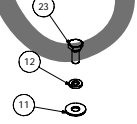
DETAIL E
SCALE 1 / 5



DETAIL C
SCALE 1 / 4



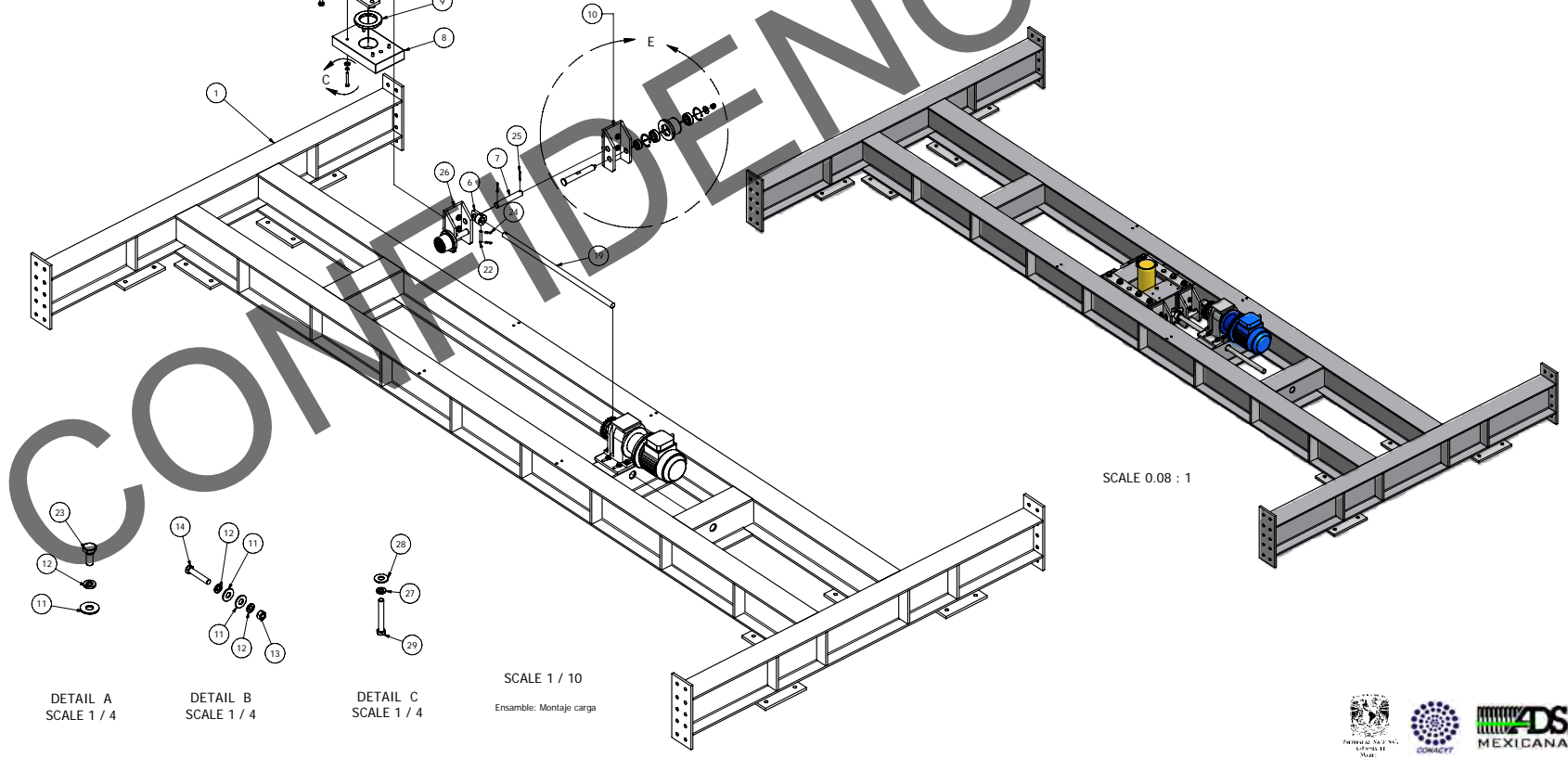
DETAIL B
SCALE 1 / 4



DETAIL A
SCALE 1 / 4

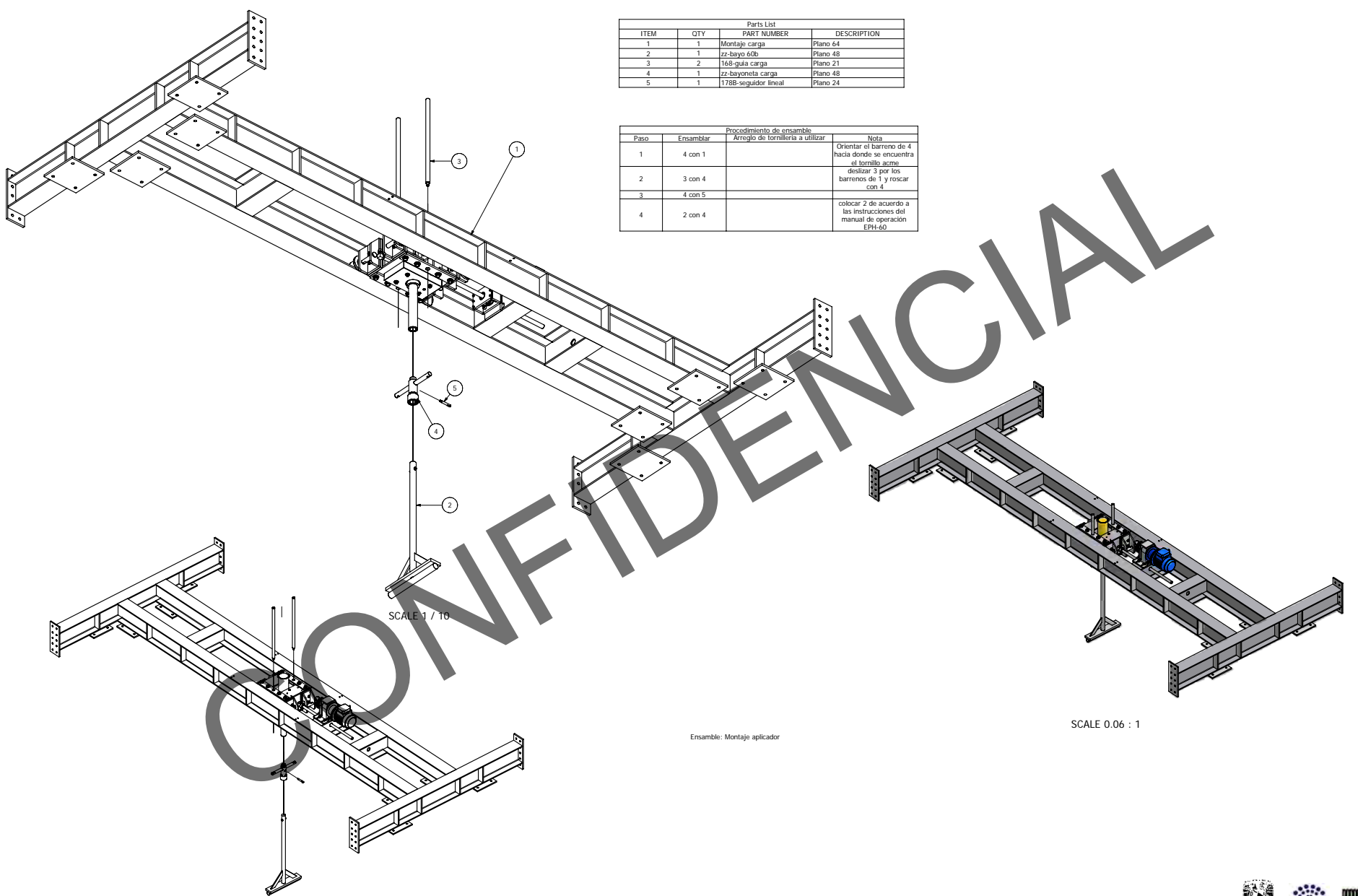
SCALE 1 / 10
Ensamble: Montaje carga

SCALE 0.08 : 1



Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Montaje carga	Plano 64
2	1	zz-bayo 60b	Plano 48
3	2	168-guia carga	Plano 21
4	1	zz-bayoneta carga	Plano 48
5	1	1788-seguidor lineal	Plano 24

Procedimiento de ensamble			Nota
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	
1	4 con 1		Orientar el barreno de 4 hacia donde se encuentra el tornillo acme
2	3 con 4		destapar 3 por los barrenos de 1 y roscar con 4
3	4 con 5		
4	2 con 4		colocar 2 de acuerdo a las instrucciones del manual de operacion EPH-69

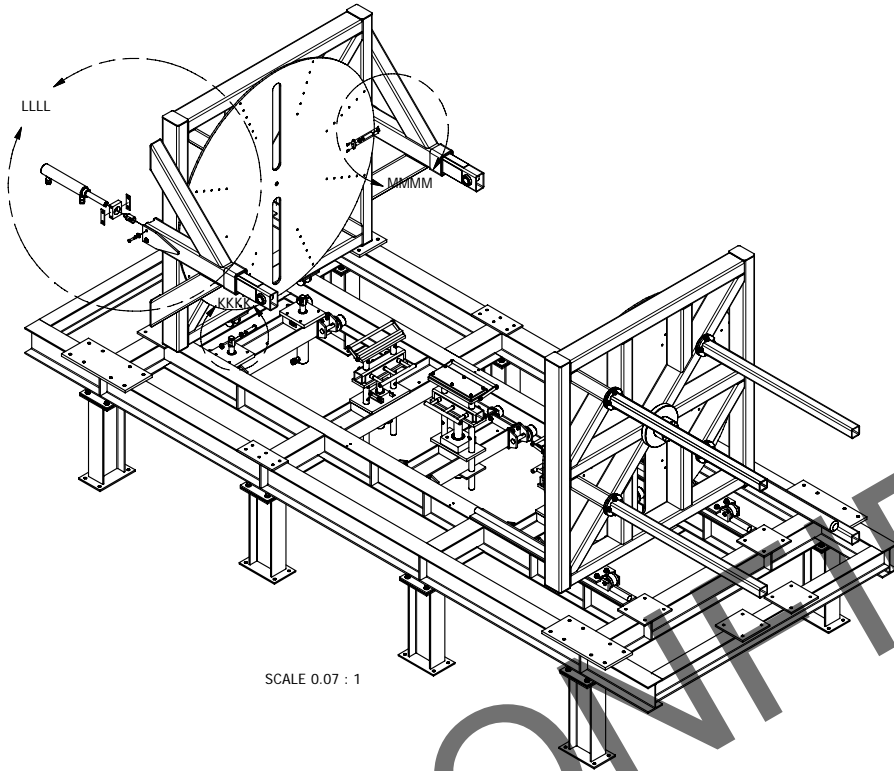


SCALE 1 / 10

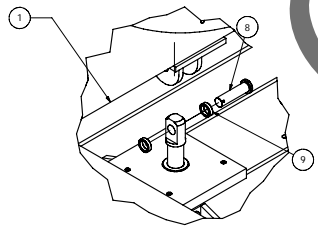
SCALE 0.06 : 1

Ensamble: Montaje aplicador

SCALE 0.06 : 1



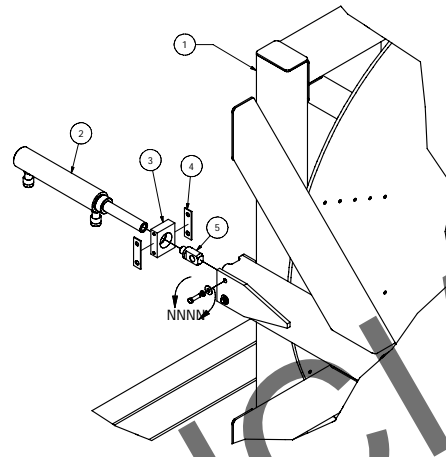
SCALE 0.07 : 1



DETAIL KKKK
SCALE 0,2 : 1

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
8	2	143-perno desalineamiento	Plano 19
9	4	140-separador desalineamiento	Plano 19

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	8 Y 9 con barrenos de las orejas de 1 y con barrenos del adaptador en el extremo del cilindro		En ambas orejas, sujetar con chaveta

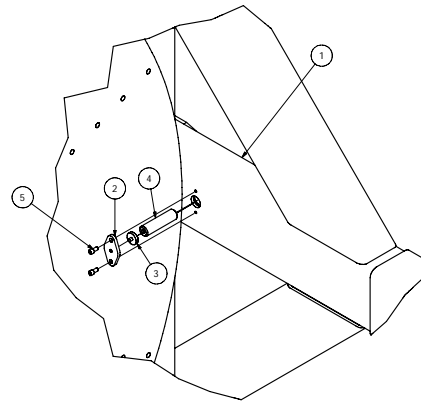


DETAIL LLLL
SCALE 0,13 : 1

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Marco	
2	2	RR-1010	Cilindro
3	2	AW102	Accesorio
4	2	B1-Placas AW	Plano 11
5	4	Rsp-10	Accesorio
6	4	Tornillo hexagonal 7/16-20-UNF 2"	
7	4	ASTM-A-449 (Grado 5)	
8	4	Rondana de seguridad	
			Rondana plana

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	2, 3 Y 5		
2	4 con 1		
3	4 Y 8 con 1	NNNN	Checkar orientación de las tomas de 2 en el detalle LLLL

DETAIL NNNN
SCALE 0,26 : 1

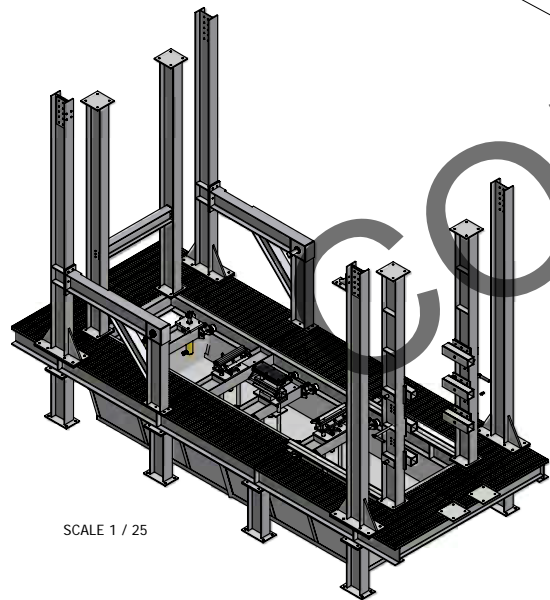


DETAIL MMMM
SCALE 0,22 : 1

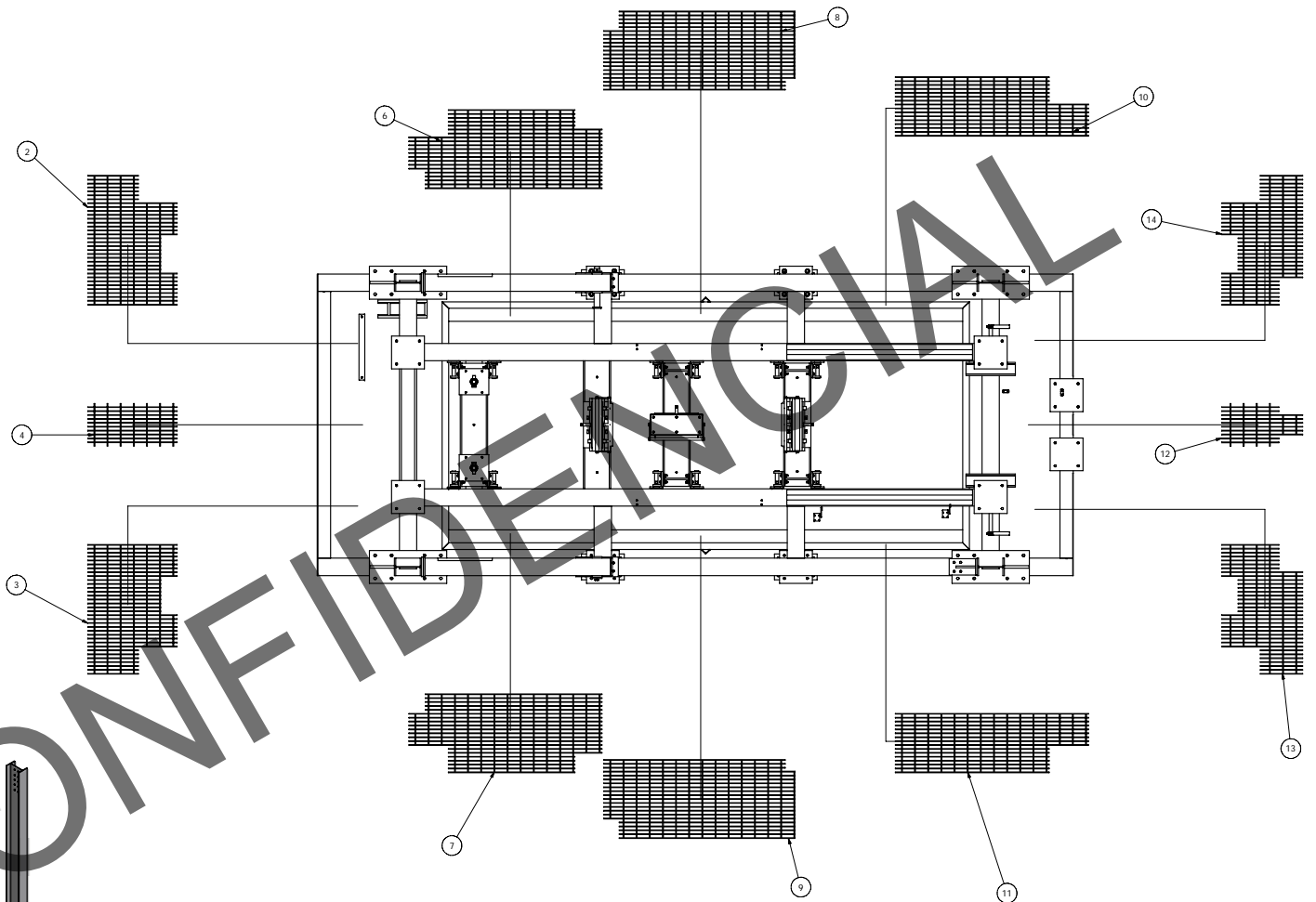
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Marco	
2	2	79-zz- seguro perno	Plano 11
3	2	82-zz-seguro perno círculo	Plano 11
4	2	154-Perno teles	Plano 20
5	4	Tornillo allen 1/4-28-UNF 1/2" ASTM-A-449	

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornillería a utilizar	Nota
1	4 con 1		asegurarse que 4 entre en el barrenos del adaptador en el extremo del cilindro, localizado por dentro
2	3 con 2		
3	2 con 1	5	

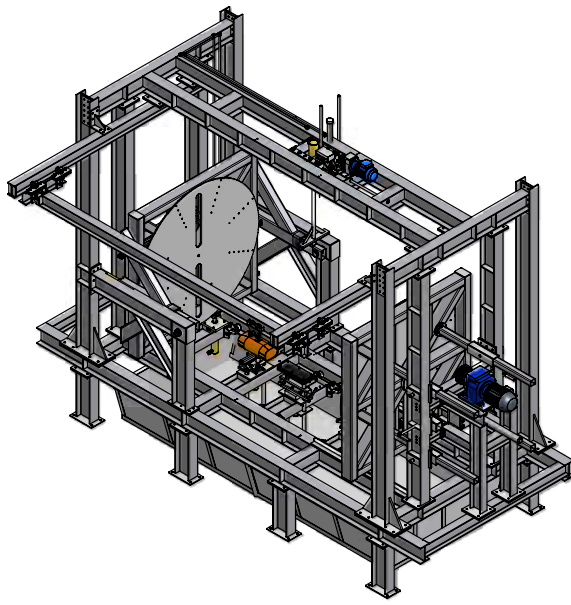
Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble base inferior 01	
2	1	rejilla 01 izq	
3	1	rejilla 01	
5	1	solera rejilla	
6	1	rejilla 00 izq	
7	1	rejilla 00	
8	1	rejilla 02 izq	
9	1	rejilla 02	
10	1	rejilla 03 izq	
11	1	rejilla 03	
12	1	rejilla 04 centro	
13	1	rejilla 04 izq	
14	1	rejilla 04	



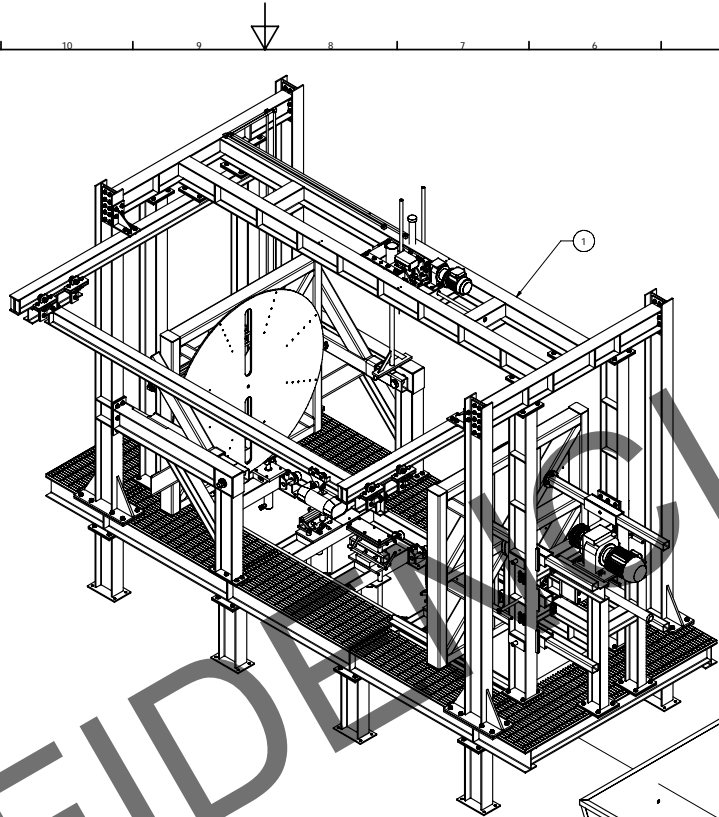
SCALE 1 / 25



SCALE 0.06 : 1

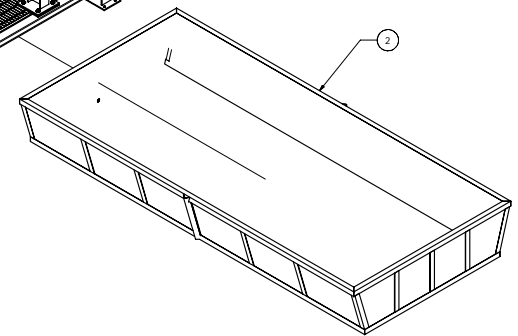


VIEW121
SCALE 0.04 : 1

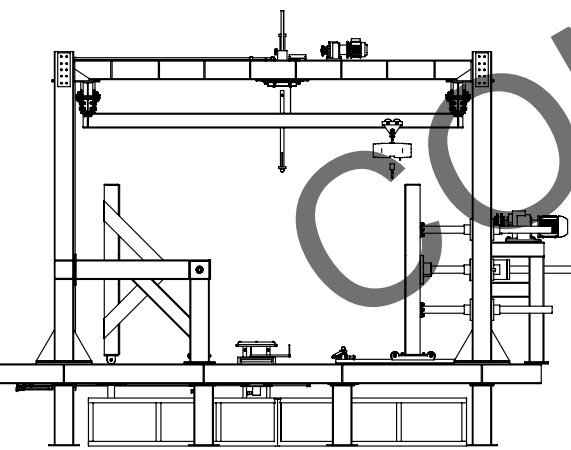


Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	zz-ensamble total	
2	1	ensamble tina eph60	

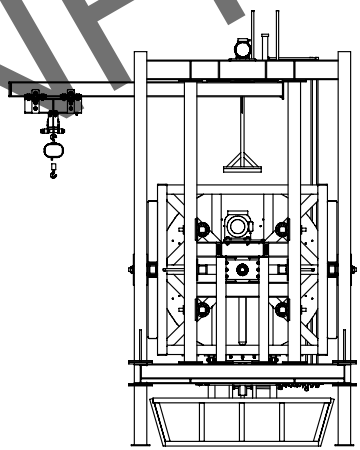
Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	2 bajo 1		

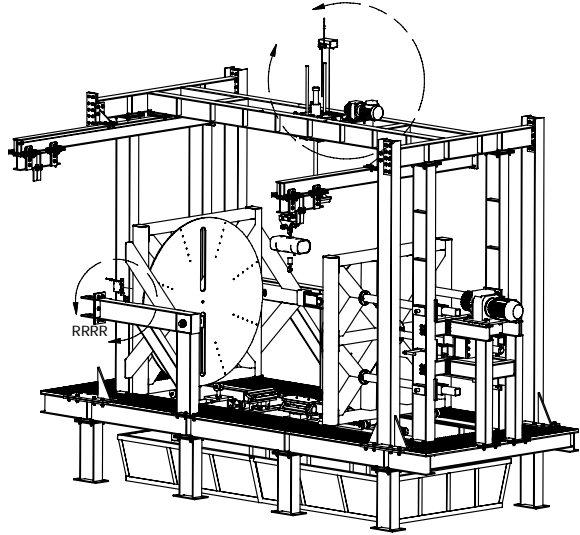


SCALE 0.05 : 1
Ensamble-montaje tina

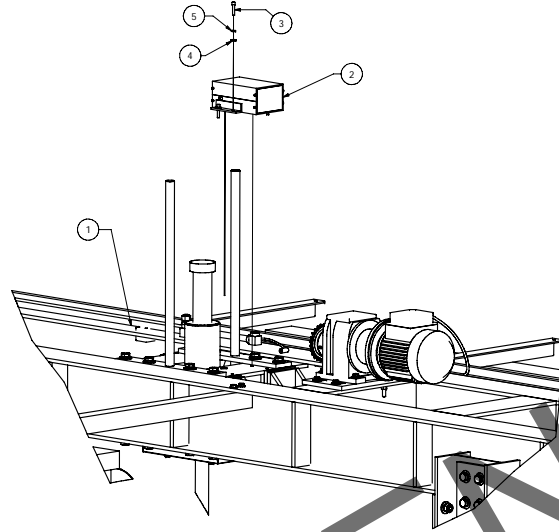


SCALE 0.04 : 1

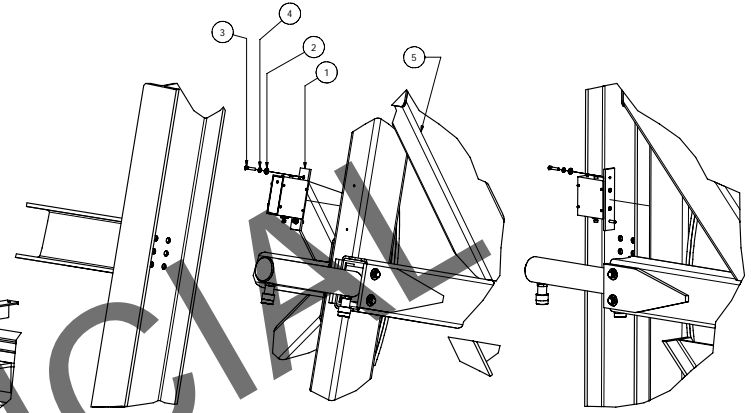




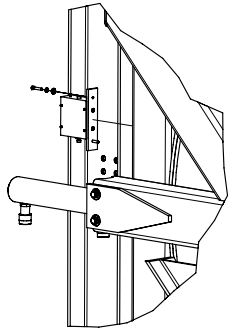
SCALE 1 / 25



DETAIL PPPP
SCALE 1/15



SCALE 0.15



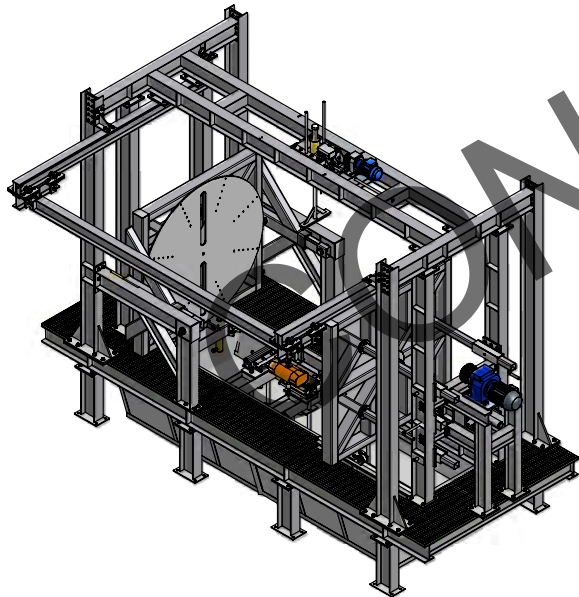
DETAIL RRRR
SCALE 0.15

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	montaje tina	Plano 68
2	1	transductor de desplazamiento	Plano 51
3	4	Tornillo de 1/4-1 1/4	
4	8	Roldana plana de 1/4	
4	8	Roldana de presion	
6	4	Tuerca de 1/4	
5	1	Montaje tina	Plano 68

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	transductor angular	
2	8	Roldana plana de 1/4	
3	4	Tornillo de 1/4-1 1/4	
4	8	Roldana de presion	
5	1	Montaje tina	Plano 68

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	2 en 1	3, 4 y 5	
2			Posteriormente sujetar el cordón del transductor de desplazamiento al seguidor lineal

Procedimiento de ensamble			
Paso	Ensamblar	Arreglo de tornilleria a utilizar	Nota
1	1 en 5	2, 3 y 4	



SCALE 1 / 25





DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA NORMA ASTM D-3212

BIBLIOGRAFÍA.

MOHINDER L. Nayar. Piping Handbook, Ed. McGraw-Hill, U.S.A, 2000.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA). Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario, segunda versión, CNA, México, 1944.

GUERRÉE A. Saneamiento de las aglomeraciones urbanas, Ed. Reverté, S.A. Barcelona, 1962.

STEEL Ernest W.-MCGHEE Terence J. Abastecimiento de agua y alcantarillado. Ed. Gustavo Gii, Barcelona, 1981.

LÓPEZ Cualla Ricardo Alfredo. Diseño de acueductos y alcantarillado, Ed. Alfaomega, México, 1999.

ZIPARRO Vincent J., HASEN Davis Hans. Handbook of applied hydraulics, Ed. McGraw-Hill, EVA, 1933.

ASTM D-3212-07 Standard Specification for Joints for Drain and Sewer Plastic Pipes Using Flexible Elastomeric Seals.

NMX-E-241-CNCP-2013 Industria del plástico - tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) de pared corrugada con junta hermética de material elastomérico, utilizados en sistemas de alcantarillado sanitario – serie inglesa - especificaciones y métodos de ensayo.

ISO 21138-1 Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage — Structured-wall piping systems of unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) — Part 1: Material specifications and performance criteria for pipes, fittings and system.

CORTÉS Pérez J., MEDINA C. F., ROJO Vitoria R., LLANITO P. J. J., SILVA S. H., CORNEJO T. R. Diseño conceptual de equipos para realizar pruebas de hermeticidad a juntas tipo espiga-campana de tuberías plásticas. Memorias del XII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, 2006.

CORTÉS Pérez J., RIVERA C. S. V., GARCÍA C. F. N., REYES S. V. A. Parámetros de diseño de juntas tipo espiga-campana. Memorias del XVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, 2012.

BECERRIL D., Estudio de la hermeticidad en tuberías plásticas con sistema de unión tipo espiga-campana, Master Degree in Mechanical Engineering thesis. DEPMI-UNAM, 2008.

CORTÉS Pérez J., BECERRIL G. D., RAYGOSA V. J., CORNEJO T. R. Estudio de la hermeticidad en juntas tipo espiga-campana en tuberías plásticas. Memorias del XIV Congreso Internacional Anual de la SOMIM, 2008.

RIVERA Cortés V. Estudio del comportamiento mecánico de juntas tipo espiga-empaque-campana en tuberías plásticas. Master Degree in Mechanical Engineering thesis. DEPMI-UNAM, 2014

SEGUI William T. Diseño de estructuras de acero con LRFD, Ed. International Thomson Editores, México, 2000.

BHATT Prab, NELSON Hugh. Estructuras, Ed. Ccsa, México, 1999.

KASSIMALI Aslam. Análisis Estructural, Ed. Thomson Learning, México, 2001.

INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCIÓN EN ACERO (IMCA). Manual de construcción en acero, Ed. Limusa, México, 2008.



**DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA ENSAYOS DE
HERMETICIDAD EN JUNTAS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS SEGÚN LA
NORMA ASTM D-3212**

SHIGLEY Joseph E., MISCHKE Charles R. Diseño en ingeniería mecánica, Ed. Mc Graw Hill, México, 2002.

JENSEN Cecil, HELSEN Jay D., SHORT Dennis R. Dibujo y diseño en ingeniería, Ed. Mc Graw Hill, México, 2004.

MOTT Robert L. Diseño de elementos de máquinas, Ed. Pearson Educación, México, 2006.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC). Steel construction manual, AISC, USA, 2006.

NORTON Robert L. Diseño de maquinaria. Síntesis y análisis de mecánica y mecanismos, Ed. Mc Graw Hill, México, 2005.

DEUTSCHMAN Aaron D., MICHELS Walter J., WILSON Charles E. Diseño de máquinas. Teoría y práctica, Ed. Compañía editorial continental S.A. de C.V. México, 1987.

NIEMANN G. Tratado teórico práctico de elementos de máquinas, cálculo diseño y construcción, Ed. Labor, S.A., Barcelona, 1973.

HIBBELER R. C. Mecánica de materiales, Ed. Pearson Educación, México, 2006.

ZHAO, Jack Q. Durability and Performance of Gravity Pipes: A State-of-the-Art Literature Review. Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada, 1998.

CHANDA Manas, ROY Salil K. Industrial Polymers, Specialty Polymers, and Their Applications. CRC Press, Boca Raton, FL, 2009.